

ISIS LAZZARINI

**DESEMPENHO NUTRICIONAL DE BOVINOS EM PASTEJO
DURANTE OS PERÍODOS DE SECA E ÁGUAS
SUPLEMENTADOS COM COMPOSTOS NITROGENADOS
E/OU AMIDO**

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
2011

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

T

L432d
2011

Lazzarini, Isis, 1981-

Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os
períodos de seca e de águas suplementados com compostos
nitrogenados e/ou amido / Isis Lazzarini. – Viçosa, MG,
2011.

xii, 66f. : il. ; 29cm.

Orientador: Edenio Detmann.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino - Nutrição. 2. Suplementos dietéticos.
3. Proteínas na nutrição animal. 4. Pastejo. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

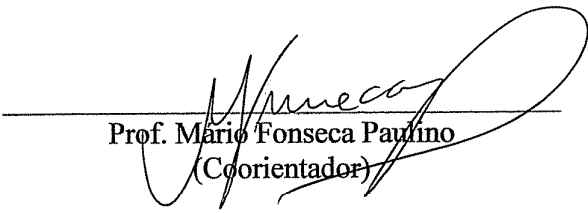
CDD 22. ed. 636.2085

ISIS LAZZARINI

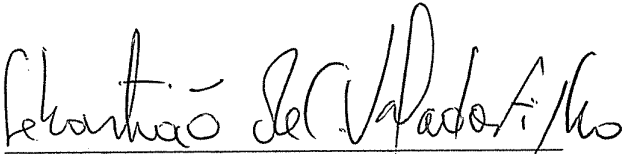
**DESEMPENHO NUTRICIONAL DE BOVINOS EM PASTEJO DURANTE
OS PERÍODOS DE SECA E ÁGUAS SUPLEMENTADOS COM
COMPOSTOS NITROGENADOS E/OU AMIDO**

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*.

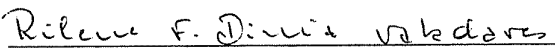
APROVADA: 22 de março de 2011.



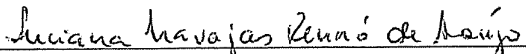
Prof. Mário Fonseca Paulino
(Coorientador)



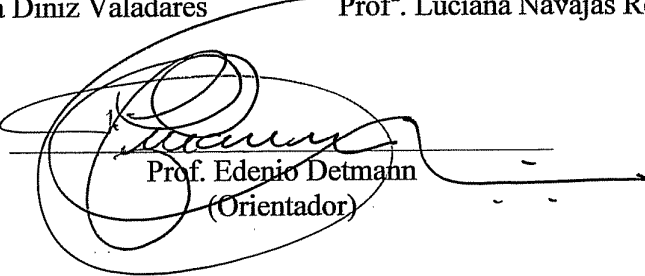
Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Coorientador)



Prof.ª Rilene Ferreira Diniz Valadares



Prof.ª Luciana Navajas Rennó de Araújo



Prof. Edenio Detmann
(Orientador)

À minha amada mãe, como todas as conquistas e momentos de
felicidade.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG-PPM), pelo apoio financeiro para a realização desta Tese.

À minha amada mãe pelo amor incondicional, pela compreensão, orgulho e pela capacidade de me ensinar a refletir e encontrar sempre a melhor solução nos momentos mais difíceis.

Ao meu pai, que mesmo de forma indireta, faz parte desta conquista, uma vez que fez parte da formação do meu caráter.

Ao meu irmão, Giuliano, uma das pessoas mais admiráveis que conheço e que me faz acreditar que é a mais confiável que existe.

Ao meu imenso amor, Marco Antônio, principalmente pela paciência, mas também, acredito que esse sentimento só foi tão forte porque veio acompanhado de muito amor!

Ao meu orientador, Professor Edenio Detmann, por ensinar com tanta vontade e sabedoria, pela honra e pela generosidade de compartilhar comigo seu saber, pela excelente, efetiva e eficaz orientação em todos os momentos deste trabalho, acompanhada esta, sempre, pela atenção, paciência e amizade.

Ao Professor Mário Fonseca Paulino, uma vez que me ofereceu a primeira oportunidade na carreira acadêmica e científica na UFV e desde então me acompanhou como coorientador, sempre disposto e pronto para o que fosse necessário.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pela confiança, ensinamentos desde a formação acadêmica e por todo o conhecimento a mim concedido.

Ao Wellington pela colaboração e pela paciência disponibilizada quando necessária na fase das análises laboratoriais.

Às pessoas que colaboraram na execução dos experimentos: Bruninho, Érick, Fabrício (Bolão), Héliú, Isabela, Lorena, Luana, Matheus, Poliana, William, pois sem eles seria, de fato, impossível que os experimentos fossem concretizados.

Às amigas, Cláudia e Marjorrie, que desde o mestrado são cúmplices na área científica.

Aos meus amigos queridos sem limite: Analívia, Ivanna, João Paulo, Mozart, Sanae, Poliana, Fabrício (Bolão), Rafael, Daiany, Karina e Bruno, sempre presentes nos melhores momentos, ou, pelo menos, tentando tornar os momentos cada vez melhores!

Obrigada, Deus, por colocar essas pessoas em meu caminho! Sem dúvida, de alguma maneira, aprendi muito com cada uma delas!

BIOGRAFIA

Isis Lazzarini, filha de Egle Ceolin Lazzarini e Nilton Moscato Lazzarini, nasceu na cidade de São Paulo, estado de São Paulo, no dia 21 de novembro de 1981.

Em julho de 2005, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2005, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de dissertação em 03 de julho de 2007.

Em agosto de 2007, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na mesma área elegida no Mestrado, Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 22 de março de 2011.

ÍNDICE

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

CAPÍTULO 1 - Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo durante o Período da Seca Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Amido

Introdução.....	6
Material e Métodos.....	7
Resultados.....	18
Discussão.....	26
Conclusão.....	33
Referências Bibliográficas.....	33

CAPÍTULO 2 - Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo durante o Período das Águas Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Amido

Introdução.....	38
Material e Métodos.....	39
Resultados.....	50
Discussão.....	57
Conclusão.....	63
Referências Bibliográficas.....	63

RESUMO

LAZZARINI, Isis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2011.
Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e águas suplementados com compostos nitrogenados e/ou amido. Orientador: Edenio Detmann. Coorientadores: Mário Fonseca Paulino e Sebastião de Campos Valadares Filho.

A presente Tese foi baseada em dois experimentos com bovinos de corte em pastagem composta por capim-braquiária (*Uruchloa decumbens*), sendo um conduzido durante o período da seca e o outro durante o período das águas. Objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação protéica e/ou com amido sobre o desempenho nutricional de bovinos em pastejo. No primeiro experimento, conduzido no período da seca entre julho e setembro de 2008, foram utilizados cinco novilhos mestiços, Holandês x Zebu, com peso corporal médio (PC) de $396,8 \pm 13,4$ kg, fistulados no rúmen e no abomaso. Foram avaliados os seguintes tratamentos: 1. controle (somente forragem basal); 2. suplementação com compostos nitrogenados supridos na proporção de 1 g de proteína bruta (PB) por kg de PC via administração ruminal; 3. suplementação com amido na proporção de 2,5 g/kg de PC via administração ruminal; 4. suplementação com compostos nitrogenados e amido na forma como descrito para os tratamentos 1 e 2; e 5. suplementação similar ao descrito para o tratamento 4 no qual o amido foi substituído por mistura de amido e compostos nitrogenados de modo que a porção energética do suplemento apresentasse 15% de PB. O experimento foi conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5, adotando-se esquema fatorial 2 x 2 +1 (adição ou não de suplemento nitrogenado, adição ou não de amido, com tratamento adicional correspondente ao tratamento 5 descrito anteriormente). O consumo de pasto não foi afetado ($P > 0,10$) por nenhum dos fatores avaliados. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi elevado ($P < 0,10$) tanto pela suplementação com compostos nitrogenados, como pela suplementação com amido. O consumo de NDT foi também incrementado ($P < 0,10$) pelo suprimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com nitrogênio e amido. A suplementação com compostos nitrogenados elevou ($P < 0,10$) o nível dietético de NDT não afetando os coeficientes de digestibilidade total ($P > 0,10$), com exceção da PB, no qual se observou efeito interativo ($P < 0,10$) com a suplementação com amido.

O suprimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com nitrogênio e amido elevou ($P<0,10$) o nível dietético de NDT e os coeficientes de digestibilidade total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e fibra em detergente neutro (FDN). O balanço aparente de compostos nitrogenados (BN) foi afetado ($P<0,10$) de forma interativa pela suplementação. As estimativas de BN somente foram incrementadas ($P<0,10$) pela suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido. Diante destes resultados, concluiu-se que a suplementação com amido e compostos nitrogenados para bovinos mantidos a pasto durante o período seco confere efeito interativo potencializando a retenção de nitrogênio no organismo animal. No segundo experimento, realizado no período das águas entre janeiro e março de 2009, foram utilizados cinco novilhos Nelore, com PC de $211,0\pm 17,1$ kg, fistulados no rúmen. Foram avaliados os mesmos tratamentos, e utilizado o mesmo delineamento e o mesmo esquema experimental descritos para o primeiro experimento. A suplementação com compostos nitrogenados ampliou ($P<0,10$) o consumo de PB, porém não afetou isoladamente ($P>0,10$) nenhuma das demais variáveis associadas ao consumo voluntário. A suplementação com amido incrementou ($P<0,10$) o consumo total de MS, mas não afetou ($P<0,10$) o consumo de pasto. Adicionalmente, efeitos isolados da suplementação com amido foram verificados ($P<0,10$) sobre os consumos de PB, MS digerida e MO digerida, havendo incremento na ingestão destes componentes na presença de amido. Verificou-se efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido ($P<0,10$) sobre os consumos de CNF e de NDT. O desmembramento deste efeito indicou que o consumo de NDT não foi ampliado ($P>0,10$) em relação ao controle quando nitrogênio ou amido foram fornecidos isoladamente, mas foi incrementado ($P<0,10$) quando ambos os componentes foram fornecidos conjuntamente. Em nenhuma das variáveis associadas ao consumo voluntário se verificou efeito ($P>0,10$) do fornecimento adicional de nitrogênio aos animais suplementados com compostos nitrogenados e amido. Os coeficientes de digestibilidade da MS e da MO e o nível dietético de NDT foram afetados de forma interativa ($P<0,10$), verificando-se maiores estimativas quando amido e compostos nitrogenados foram fornecidos conjuntamente. O BN foi incrementado ($P<0,10$) tanto pela suplementação com compostos nitrogenados, como pela suplementação com amido. Contudo, mesmo sem efeito interativo ($P>0,10$), a estimativa de BN se mostrou superior com a suplementação conjunta com amido e compostos nitrogenados em comparação à

suplementação isolada com estes compostos. Diante dos resultados obtidos, concluiu-se que a suplementação com amido e compostos nitrogenados para bovinos mantidos a pasto durante o período das águas, considerando-se forragem com alto teor de proteína bruta, confere efeito interativo potencializando a digestão da matéria seca e o consumo de energia. Efeitos indiretos envolvendo aspectos metabólicos são observados, entre os quais se destaca a ampliação da retenção de nitrogênio no organismo animal.

ABSTRACT

LAZZARINI, Isis, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March of 2011.
Nutritional performance of cattle under grazing during dry and rainy seasons supplemented with nitrogenous compounds and/or starch. Adviser: Edenio Detmann. Co-Advisers: Mário Fonseca Paulino and Sebastião de Campos Valadares Filho.

This study was prepared based upon two experiments with beef cattle in pasture constituted by *Brachiaria grass* (*Uruchloa decumbens*). One of them performed during the dry season, and the other during the rainy season. This work was carried out aiming to evaluate the effects of protein and/or starch supplementation relative to the nutritional performance of bovine under pasture during the dry and rainy seasons. The first experiment, performed during the months of July and September, five Dutch x Zebu half-breed young bulls with average body weight (BW) of 396.8 ± 13.4 kg, cannulated in the rumen and in the abomasum were used. The following experimental treatments were evaluated: 1. Control (for basal forage only). 2. Supplementation with nitrogen compounds supplied in the proportion of 1g of crude protein (CP) per kg of BW by ruminal infusion; 3. Supplementation with starch in the proportion of 2.5 g/kg of BW by ruminal infusion. 4. Supplementation with nitrogen compounds and starch as described for the treatments 1 and 2; and 5. Supplementation similar to the one described for the treatment 4 in which the starch was replaced by a mixture of starch and nitrogen compounds in such a way that the energetic portion of the supplement was 15% of the CP. The experiment was performed following the delineation in a 5 x 5 latin square, adopting a factorial scheme 2 x 2 +1 (addition or not of nitrogen supplement, addition or not of starch, and addition of energetic supplement containing 15% of the CP). The intake of pasture DM, pasture OM, NDFap, digested NDFap and NDFi were not affected ($P>0.10$) by any of the factors evaluated in this study. The CP consumption showed an effect of interaction of the supplement with nitrogen compounds and starch ($P<0.10$), the evolution of this interaction showed that both in the absence or in the presence of starch, the supplementation of nitrogen compounds increased ($P<0.10$) the intake of CP. However, in the presence of supplements with nitrogen compounds, it was noticed a lower intake of CP ($P<0.10$) in the lack of supplement with starch compared to the animals that have received both types of

supplements. The absence of supplementation with nitrogen compounds, the supplementation with starch did not affect ($P>0.10$) the CP consumption, while the additional supply of nitrogen compounds to animals supplemented with nitrogen and starch increased ($P<0.10$) the CP consumption. The intake of total digestible nutrients (TDN) was greater ($P<0.10$) both by the supplementation with nitrogen compounds as well by the supplementation with starch. The TDN consumption was also increased ($P<0.10$) by the additional supply of nitrogen compounds to the animals supplemented with nitrogen and starch. The supplementation with nitrogen compounds increased ($P<0.10$) the dietary TDN level, not affecting the total digestibility coefficient ($P>0.10$), except for the CP, in which the interactive effect was observed ($P<0.10$) with the supplementation with starch. The additional supply of nitrogen compounds to animals supplemented with nitrogen and starch raised ($P<0.10$) the dietary TDN level and the total digestibility coefficients of DM, OM and NDFap. As a probable reflection of the consumption of nitrogen, the apparent balance of nitrogen (NB) compounds was affected ($P<0.10$) in an interactive form by the supplementation. The NB estimates were incremented only ($P<0.10$) by the supplementation with nitrogen compounds in the presence of starch. As a consequence, the supplementation with starch could only increase ($P<0.10$) the NB in the presence of supplementary nitrogen compounds. Considering these results, we may conclude that the supplementation with starch and nitrogen compounds for bovines kept in pasture during the dry season causes an interactive effect potentiating the nitrogen retention in the animal organism. Besides, the additional supply of nitrogen compounds to animals supplemented simultaneously with starch and nitrogen may increase the ruminal degradation of the fiber and increase the production of microbial nitrogen compounds in the rumen, possibly due to the reduction of the effects of competition between fibrolitic and non-fibrolitic species. In the second experiment, performed from January to March, the rainy season, five Nellore young bulls were used, with 211 ± 17.12 kg BW, cannulated in the rumen. The animals were submitted to the same treatment described before. So being, this experiment was performed as per the above mentioned delineation and, as the prior experiment, the $2 \times 2 + 1$ factorial scheme was adopted. The supplementation with nitrogen compounds increased ($P<0.10$) the CP consumption, but did not affect, separately ($P>0.10$). Any of the other variables associated to the voluntary consumption. The supplementation with starch increased ($P<0.10$) the DM and OM

consumptions, but did not affect ($P < 0.10$) the intake of pasture DM and pasture OM. Additionally, isolated effects of the supplementation with starch were noticed ($P < 0.10$) on the intake of CP, digested DM and digested OM, with an increase in the ingestion of such components in the presence of starch. An interaction effect was noticed in the supplementation with nitrogen compounds and starch ($P < 0.10$) on the consumptions of CNF and of total digestible nutrients (TDN). The unfolding of this effect on the TDN consumption was not increased ($P > 0.10$) in respect to the control when nitrogen or starch were supplied separately, but was increased ($P < 0.10$) when both components were supplied jointly. In none of the variable associated to the voluntary consumption there was noticed the effect ($P > 0.10$) of the additional supply of nitrogen to the animals supplemented with nitrogen compounds and starch. The NB was increased ($P < 0.10$) both by the supplementation with nitrogen compounds, as well as by the supplementation with starch. However, the relative nitrogen balance (RNB) was only increased ($P < 0.10$) by the supplementation with nitrogen compounds. The effect of the additional supply of nitrogen to animals supplemented with starch and nitrogen compounds were only noticed on the NAR concentration and on the NB. In both cases, the additional supply of nitrogen increased ($P < 0.10$) the obtained estimates. The effectively degraded portion of the NDF (FED) remained practically unchanged in respect to the control with the isolated supplementation with nitrogen compounds. However, it was depressed by the supplementation with starch. The joint supplementation with starch and nitrogen compounds resulted also in the DEF depression. However, in a less intense way when compared with the supplementation made only with starch. Considering these evidences, it can be concluded that the supplementation with starch and nitrogen compounds to beef cattle kept in pasture during the rainy season, considering high crude protein content in the forage, causes an interactive effect potentiating the digestion of dry matter and the consumption of energy. Indirect effects involving metabolic aspects are noticed, amongst which may point out the larger retention of nitrogen in the animal organism.

Introdução Geral

Entre 2005 e 2030 a população mundial crescerá em média 26%; neste período o poder aquisitivo da população também tende a aumentar. A melhoria da renda per capita, além de aumentar o consumo de alimentos, tende a influenciar a qualidade da alimentação humana, uma vez que, populações de baixa renda têm na proteína de origem vegetal a base de sua alimentação. Contudo, à medida que se amplia a renda, a alimentação das populações passa a ter como base proteína de origem animal. Diante deste cenário, a demanda por carne tende a crescer (Roppa, 2009).

O contexto brasileiro dos sistemas de produção de carne bovina se baseia na criação de bovinos em pastejo. As pastagens são, na maioria das vezes, constituídas por gramíneas tropicais, uma vez que estas englobam os recursos nutricionais de menor custo para a alimentação dos bovinos.

Contudo, as gramíneas tropicais raramente constituem dieta equilibrada à produção animal, verificando-se carências múltiplas de componentes minerais, energéticos e protéicos (Paulino et al., 2008), que implicam ineficiência do desempenho animal. Torna-se importante ressaltar que durante o ano ocorrem oscilações no que diz respeito à quantidade e à qualidade da forragem presente na pastagem. Desta forma, há necessidade da identificação dos componentes limitantes para suprir entraves nutricionais dos pastos por meio de recursos suplementares nos diferentes períodos do ano, visando à melhoria na utilização dos recursos nutricionais do pasto e, conseqüentemente, à ampliação da eficiência do sistema produtivo de forma global (Detmann et al., 2010).

Durante a época seca do ano as forragens tropicais são consideradas de baixa qualidade, uma vez que apresentam baixo nível de proteína bruta (PB) e alta lignificação da fração fibrosa insolúvel (Paulino et al., 2008). Nestas condições, os níveis PB da forragem basal limitam o crescimento das bactérias que utilizam como substrato os carboidratos fibrosos da forragem basal (Lazzarini et al., 2009), comprometendo o desempenho animal (Paulino et al., 2008).

Em contrapartida, resultados obtidos em condições tropicais demonstram que, nestas condições, 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 sobre o consumo de forragem de baixa qualidade podem ser observados com a suplementação com carboidratos não fibrosos (Souza et al., 2010). Sob estas condições, ocorreria redução na utilização da fração fibrosa da forragem (Costa et al., 2008) devido ao incremento na competição por nutrientes essenciais entre espécies microbianas fibrolíticas e não fibrolíticas (Mould et al., 1983), efeito mais proeminente sob baixa disponibilidade de compostos nitrogenados (El-Shazly et al., 1961).

Contudo, em trabalhos conduzidos em condições tropicais verificou-se que suplementos protéicos e energéticos podem apresentar efeito interativo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados por intermédio da ampliação da assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal quando fornecidos conjuntamente (Detmann et al., 2010; Souza et al., 2010).

Por outro lado, na época chuvosa os pastos tropicais não são considerados de baixa qualidade ou deficientes em PB, como durante o período seco. Desta forma, a suplementação nitrogenada neste período poderia não incrementar o desempenho animal, gerando inclusive inconvenientes ao sistema, como incremento na perda de nitrogênio para o ambiente. Contudo, benefícios através da suplementação nitrogenada na época das águas são verificados (Zervoudakis et al., 2008; Costa, 2009), porém não pela melhor utilização da fibra pelas bactérias ruminais, pois a introdução de recursos nitrogenados suplementares passa a apresentar outro enfoque nutricional, passando de dietético durante o período da seca, para metabólico durante o período das chuvas (Detmann et al., 2005).

A concentração de nitrogênio na dieta no período chuvoso não é limitante para o pleno desenvolvimento microbiano; entretanto, neste período, a concentração de matéria orgânica digestível proveniente da forragem basal é abundante e confere ao ambiente ruminal aumento na demanda de nitrogênio para que os microrganismos possam utilizá-la como substrato energético para seu crescimento (Detmann et al., 2010). Nesta situação, a reciclagem de nitrogênio constitui um dos principais mecanismos para a manutenção de níveis adequados de compostos nitrogenados no ambiente ruminal.

Em recente estudo conduzido em condições tropicais durante o período chuvoso (Costa, 2009), pressupôs-se que a suplementação com compostos nitrogenados ampliaria a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e reduziria a demanda de nitrogênio oriundo de eventos de reciclagem pelo rúmen, ampliando a disponibilidade de precursores para a síntese de proteína corporal. Sendo assim, a eficiência de produção animal em

gramíneas tropicais de alta qualidade poderia ser incrementada pela suplementação com compostos nitrogenados.

Todavia, a inclusão de recursos suplementares energéticos, principalmente na forma de carboidratos não fibrosos, poderia prejudicar o desempenho de animais ruminantes na época das águas, pois se aumentaria o desequilíbrio energético-protéico da dieta, reduzindo o consumo e tornando o desempenho animal não otimizado (Costa, 2009; Detmann et al., 2010).

Entretanto, informações relacionadas ao estudo da inclusão de recursos suplementares nitrogenados e/ou energéticos sob a utilização da forragem basal por bovinos de corte em pastejo são ainda escassas em condições tropicais. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou com amido sobre o desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante os períodos de seca e das águas.

Referências Bibliográficas

- 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. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas com suplementação protéica ou protéico-energética**. 2009. 90f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECOM, P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.191-240.
- 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.
- 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.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen 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: SIMFOR, 2008. p.131-169.
- ROPPE, L. Perspectivas da produção de mundial de carnes, 2007 a 2015. Disponível em: www.engormix.com. Acesso em 14 de fevereiro. 2009.
- 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.
- ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. Suplementos múltiplos de auto

controle de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1968-1973, 2008.

Capítulo 1

Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo durante o Período da Seca Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Amido

Introdução

Em grande parte dos sistemas brasileiros de produção de bovinos de corte se utilizam como recursos forrageiros basais gramíneas tropicais, de forma mais específica sua fração potencialmente digestível (MSpd), cujo principal componente é a fração potencialmente digestível da fibra em detergente neutro (FDNpd), que assume o papel de principal substrato para a construção de produtos animais nos trópicos (Detmann et al., 2008; Paulino et al., 2008).

Em contrapartida, as gramíneas tropicais raramente constituem dieta equilibrada para os animais em pastejo, verificando-se carências múltiplas de componentes minerais, energéticos e protéicos, que por sua vez, implicam limitação da ingestão e utilização da MSpd. Desta forma, há necessidade da identificação destes componentes limitantes para contornar entraves nutricionais dos pastos por intermédio de recursos suplementares, visando a melhoria na utilização dos recursos nutricionais do pasto, otimizando-se o desempenho de bovinos de corte mantidos em pastejo e, conseqüentemente, a eficiência do sistema produtivo de forma global (Detmann et al., 2010).

Durante a época seca do ano as forragens tropicais são consideradas de baixa qualidade, uma vez que apresentam baixo nível de proteína bruta (PB) e alta lignificação da fração fibrosa insolúvel (Paulino et al., 2008). Nestas condições, os níveis limitantes de PB da forragem basal comprometem o crescimento das bactérias que utilizam como substrato os carboidratos fibrosos da forragem basal (Lazzarini et al., 2009a), reduzindo a utilização da FDNpd pelos microrganismos e o desempenho animal (Paulino et al., 2008).

Resultados obtidos em condições tropicais demonstram que, nestas condições, a suplementação com compostos nitrogenados constitui meta prioritária para ampliar a utilização da forragem tropical de baixa qualidade (Souza et al., 2010).

Por outro lado, efeitos negativos sobre o consumo de forragem de baixa qualidade podem ser observados com a suplementação com carboidratos não fibrosos (Souza et al., 2010). Sob estas condições, ocorreria redução na utilização da FDNpd (Costa et al., 2008) devido ao incremento na competição por nutrientes essenciais entre espécies microbianas fibrolíticas e não fibrolíticas (Mould et al. 1983), efeito mais proeminente sob baixa disponibilidade de compostos nitrogenados (El-Shazly et al. 1961).

Contudo, em trabalhos conduzidos em condições tropicais verificou-se que suplementos protéicos e energéticos podem apresentar efeito interativo sobre o metabolismo dos compostos nitrogenados por intermédio da ampliação da assimilação de nitrogênio no ambiente ruminal quando fornecidos conjuntamente (Detmann et al., 2010; Souza et al., 2010).

Entretanto, as informações relacionadas ao estudo da interação de recursos suplementares nitrogenados e/ou energéticos sob a utilização da forragem basal por bovinos de corte em pastejo durante o período da seca são ainda escassas em condições tropicais. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou com amido sobre o desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período da seca.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre os meses de julho e setembro de 2008. Os dados climáticos relativos aos meses de execução do experimento são apresentados na Figura 1.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços Holandês x Zebu, castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de $396,8 \pm 13,4$ kg, fistulados no rúmen e no abomaso. Os animais foram mantidos em piquetes individuais com 0,34 ha, constituídos por capim-braquiária (*Uruchloa decumbens*). Os animais possuíam acesso irrestrito a água em bebedouros individuais e a mistura mineral em comedouros cobertos. De forma anexa aos piquetes,

localizava-se o curral para manejo dos animais, no qual se realizavam coletas de fezes, conteúdo ruminal, digesta abomasal, sangue, entre outras práticas de manejo.

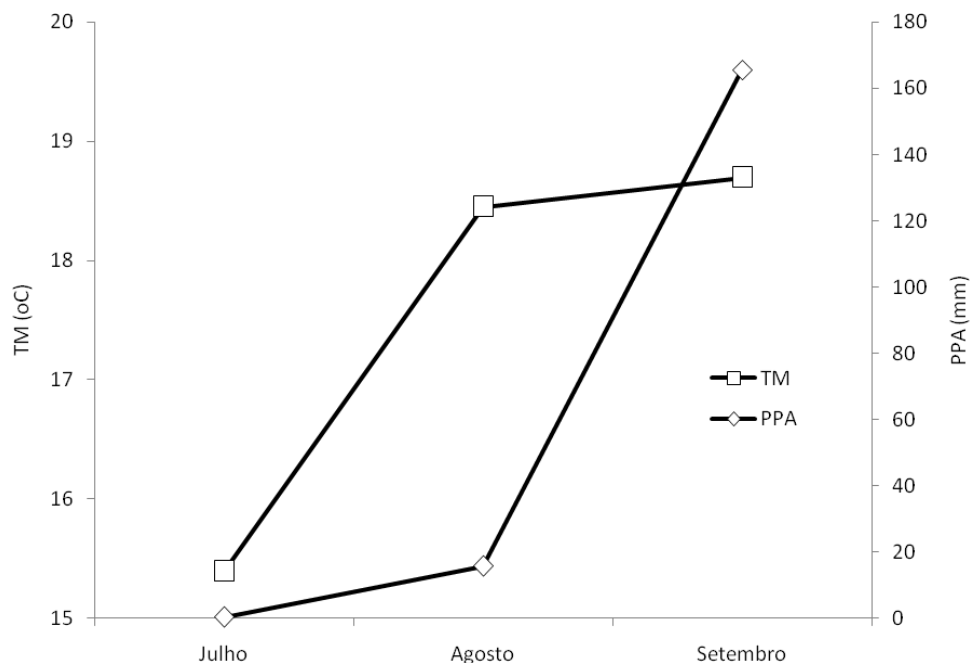


Figura 1 - Precipitação pluviométrica acumulada (PPA) e temperatura média (TM) em função dos meses de realização do experimento (Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola - UFV).

Foram avaliados os seguintes tratamentos:

1. controle (somente forragem basal);
2. suplementação com compostos nitrogenados supridos na proporção de 1 g de PB por kg de PC via administração ruminal;
3. suplementação com amido de milho (Amisol 3408®, CornProducts Co.) na proporção de 2,5 g/kg de PC via administração ruminal;
4. suplementação com compostos nitrogenados e amido de milho na forma como descrito para os tratamentos 1 e 2; e
5. suplementação similar ao descrito para o tratamento 4 no qual o amido de milho foi substituído por mistura de amido de milho e compostos nitrogenados de modo que a porção energética do suplemento apresentasse 15% de PB.

Como fonte de compostos nitrogenados suplementares foi utilizada mistura de uréia, sulfato de amônio e albumina (Maximus®, Arve Alimentos), na proporção 4,5:0,5:1, respectivamente. As quantidades fornecidas dos suplementos foram calculadas de acordo com o peso dos animais no início de cada período experimental, sendo as quantidades de suplementos fracionadas em duas porções semelhantes e infundidas no rúmen dos animais diariamente às 06h00 e 18h00.

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

O experimento foi implementado e conduzido segundo delineamento em quadrado latino 5 x 5, com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais com duração de 15 dias cada. Os cinco primeiros dias de cada período experimental foram destinados à adaptação dos animais à suplementação. Os animais foram pesados no primeiro e último dia de cada período.

No primeiro dia de cada período experimental quantificou-se a massa de forragem disponível em cada piquete por intermédio do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado de dimensões 0,5 x 0,5 m, selecionadas ao acaso em cada piquete. Posteriormente, foram retiradas alíquotas de cada amostra coletada, sendo confeccionadas amostras compostas para cada piquete. Estas foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C), processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e acondicionadas em recipientes previamente identificados para posteriores análises. Posteriormente procedeu-se à quantificação do teor de MS (Silva & Queiroz, 2002). A disponibilidade de forragem em função dos períodos experimentais está demonstrada na Figura 2.

A avaliação do pasto ingerido pelos animais foi realizada no primeiro, quarto e sétimo dias de cada período experimental por intermédio de simulação manual de pastejo. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C), processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e posteriormente compostas, como base no peso seco ao ar, por piquete e período experimental.

Para estimação da excreção fecal utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi fornecido na quantidade de 20 g/dia a cada animal, às 12h00, por intermédio da fistula ruminal, entre o primeiro e oitavo dias de cada período experimental. As amostras fecais foram tomadas diretamente do reto dos animais a partir do sexto dia do período experimental de acordo com a distribuição: sexto dia - 8h00 e 14h00; sétimo dia 10h00 e 16h00; oitavo dia - 12h00 e 18h00. Simultaneamente às coletas de fezes, foram tomadas amostras de digesta abomasal. As amostras de fezes e de digesta abomasal foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Posteriormente foram elaboradas amostras compostas com base no peso seco ao ar por animal e por período experimental.

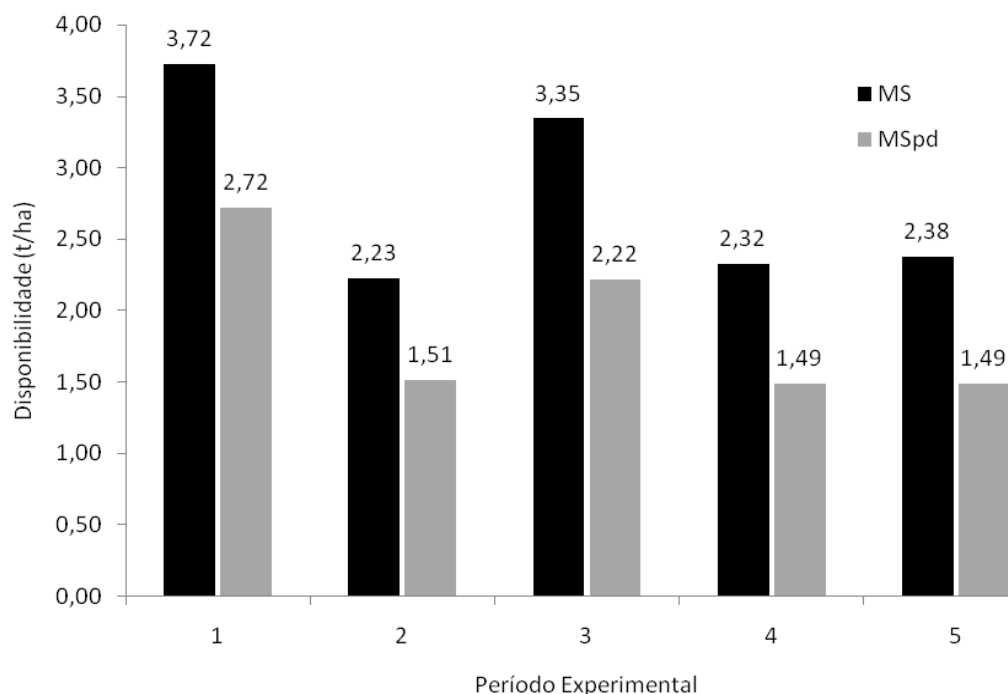


Figura 2 - Disponibilidade média de matéria seca (MS) e matéria seca potencialmente digestível (MSpd) na pastagem em função dos períodos experimentais.

Para avaliar o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foram realizadas coletas de líquido ruminal no nono dia de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal às 6h00, 12h00,

18h00 e 24h00, filtradas por camada tripla de gaze e submetidas à avaliação imediata do pH utilizando-se potenciômetro digital. Posteriormente, foi separada uma alíquota de 40 mL que foi fixada com 1 mL de H₂SO₄ (1:1) e congelada (-20°C) para posterior quantificação da concentração de NAR.

Do décimo ao décimo quinto dia do período experimental foi realizado procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, o qual foi baseado no fornecimento de indicador externo em procedimento de dose única (Ellis et al., 1994), sendo empregado como indicador o cromo mordente à fibra, produzido conforme descrição de Udén et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras de pasto obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental. Para simulação da atividade inicial de mastigação pelo animal, as amostras foram submetidas a um processo de moagem tripla em moinho de facas, sem peneira, segundo sugestões de Detmann et al. (2005).

Foram fornecidos 100 g de fibra mordente no rúmen de cada animal às 8h00 do décimo dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 e 120 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm).

Simultaneamente a esta avaliação, foi conduzido procedimento de incubação *in situ* para quantificação da degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN).

Amostras de pasto obtidas via simulação manual de pastejo (primeiro dia de cada período experimental), após secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (2 mm), foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT, 100 g/m²) (Casali et al., 2008), com dimensões 4 x 5 cm, na proporção de 20 mg MS/cm² de superfície. As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo de incubação no rúmen dos animais. Empregaram-se os seguintes tempos de incubação: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas. Os sacos foram dispostos em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos sob ventilação forçada (60°C).

Foram realizadas, no décimo quinto dia de cada período experimental, coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais, antes (6h00) e aproximadamente seis horas (12h00) após o fornecimento da suplementação matinal. As

amostras coletadas foram filtradas em gaze e alíquotas de 10 mL foram separadas e diluídas com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) e congeladas (-20°C) para posteriores análises.

Concomitantemente às coletas de urina foram feitas coletas de sangue via veia jugular, utilizando tubos de ensaio com gel separador e acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance). As amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a $2700 \times g$, por 15 minutos para obtenção do soro, o qual foi congelado (-20°C) para posterior avaliação da concentração de nitrogênio uréico (NUS).

As amostras de forragem, fezes e digesta abomasal, processadas em 1 mm, foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H_2SO_4 72% p/p) segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de FDN foram obtidos segundo descrições de Mertens (2002), utilizando-se α -amilase termoestável e omitindo-se o uso de sulfito de sódio. As correções para proteína e cinzas na FDN e na FDA seguiram os procedimentos descritos por Licitra et al. (1996) e Mertens (2002), respectivamente. Os suplementos foram analisados quanto aos teores de MS, MO e PB como descrito anteriormente (Tabela 1).

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

$$CNF = 100 - [MM + EE + FDN_{cp} + (PB - PB_u + U)] \quad (1);$$

em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM = teor de matéria mineral; EE = teor de extrato etéreo; FDN_{cp} = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; PB = teor de proteína bruta; PB_u = teor de proteína bruta oriunda da uréia; e U = teor de uréia. Todos os termos são expressos como % da MS.

As amostras fecais referentes à avaliação de consumo foram avaliadas quanto aos teores de dióxido de titânio segundo técnica colorimétrica descrita por Titgemeyer et al. (2001). A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação entre dose e concentração fecal do indicador externo.

As estimativas de consumo de forragem foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDN_i) como indicador interno, quantificadas por procedimentos de incubação *in situ* por 240 horas nas amostras processadas a 2 mm, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

O consumo foi estimado adaptando-se as recomendações de Detmann et al. (2001), uma vez que os suplementos eram isentos de FDNi:

$$CMS = \frac{(EF \times CIFz)}{CIFor} + CMSSup \quad (2);$$

em que: CMS = consumo de MS (g/dia); EF = excreção fecal (g/dia); CIFz = concentração de FDNi nas fezes (g/g); CMSSup = consumo de MS de suplemento (g/dia); e CIFor = concentração de FDNi na forragem (g/g).

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

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

Item	Suplementos ⁴				Pasto ⁵
	NIT	AM	NIT + AM	ADIC	
MS ¹	94,33	87,37	90,85	90,73	36,35±1,79
MO ²	98,42	99,92	98,34	98,36	90,85±0,23
PB ²	196,23	0,00	56,07	67,73	8,24±0,24
EE ²	---	---	---	---	1,54±0,06
FDN ²	---	---	---	---	66,71±0,64
FDNcp ²	---	---	---	---	60,09±0,66
CNF	3,74	99,92	95,09	94,43	20,97±0,56
PIDN ³	---	---	---	---	33,65±1,27
FDA ²	---	---	---	---	33,22±0,76
FDAcp ²	---	---	---	---	28,30±0,72
PIDA ³	---	---	---	---	10,95±0,62
Lignina ²	---	---	---	---	4,86±0,17
FDNi ²	---	---	---	---	25,50±0,81

¹ % da matéria natural. ² % da MS. ³ % da PB. ⁴ NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ⁵ Média ± erro-padrão da média (amostras obtidas por simulação manual de pastejo).

As amostras de forragem relativas à avaliação de disponibilidade foram avaliadas quanto aos teores de MS, FDN e FDNi como previamente descrito. O percentual de MS potencialmente digestível (MSpd) na forragem disponível foi estimado segundo Paulino et al. (2008):

$$MSpd = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi) \quad (3);$$

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

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

As amostras de soro de sanguíneo, após descongelamento, foram analisadas quanto aos teores de uréia, segundo método enzimático-colorimétrico (Bioclin® K047).

As amostras de urina, depois de descongeladas, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de creatinina, segundo o método de Jaffé modificado (Bioclin® K016-1); nitrogênio total, segundo o método de Kjeldahl (Silva & Queiroz, 2002); ácido úrico, por método enzimático-colorimétrico com fator clareante de lípidos (Human® 10687); e alantoína, segundo método colorimétrico descrito por Chen & Gomes (1992).

O volume total urinário foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina a sua excreção por unidade de peso vivo, a qual foi obtida segundo equação (Chizzotti et al., 2006):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PC \quad (4);$$

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

A excreção de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina.

As purinas absorvidas foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas por intermédio da equação (Barbosa et al., 2011):

$$PA = \frac{DP - 0,3 \times PC^{0,75}}{0,80} \quad (5);$$

em que: PA = purinas absorvidas (mmol/dia); DP = excreção de derivados de purinas (mmol/dia); 0,80 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purina na urina; e

0,3 = excreção endógena de derivados de purina na urina (mmol) por unidade de tamanho metabólico.

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

$$N_{mic} = \frac{70 \times PA}{0,83 \times R \times 1000} \quad (6);$$

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

Adotou-se a relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ de 0,139, valor médio obtido em condições tropicais em bovinos alimentados com forragens de baixa qualidade (Figueiras et al., 2010).

As amostras de fezes relativas aos procedimentos para quantificação dos parâmetros da cinética de trânsito foram analisadas quanto aos teores de MS (Silva & Queiroz, 2002) e cromo (Williams et al., 1962).

Os parâmetros de cinética de trânsito foram estimados por intermédio do ajustamento à curva de excreção fecal do indicador do modelo $\Gamma(2)$ tempo-dependente descrito por Ellis et al. (1994):

$$C_t = Z \times (t - \tau) \times \gamma \times \exp[-\gamma \times (t - \tau)] \quad (7);$$

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

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

$$TMRR = \frac{2}{\gamma} \quad (8);$$

em que: TMRR = tempo médio de retenção no rúmen-retículo (h).

Os resíduos de degradação ruminal foram analisados quanto ao teor de FDN em aparelho analisador de fibras (Ankom²⁰⁰®). Os perfis de degradação da FDN foram interpretados por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) + I \quad (9);$$

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

As estimativas de latência discreta foram obtidas segundo derivações de Vieira et al. (1997):

$$LAG = \frac{R(0) - R(t_i)}{R'(t_i)} + t_i \quad (10);$$

em que: LAG = latência discreta (h); $R(0)$ = resíduo de FDN não degradado em $t = 0$ (%); $R(t_i)$ = resíduo não degradado de FDN obtido no ponto de inflexão da curva de degradação (%); $R'(t_i)$ = derivada da curva ajustada de degradação para o ponto de inflexão (máxima taxa de degradação do substrato) (h^{-1}); e t_i = tempo equivalente ao ponto de inflexão da curva de degradação (h).

Os valores de t_i foram obtidos por (Van Milgen et al., 1991):

$$t_i = \frac{1}{\lambda} \quad (11).$$

As frações B e I foram expressas na forma padronizada, segundo sugestões de Waldo et al. (1972):

$$Bp = \frac{B}{B + I} \quad (12);$$

$$Ip = \frac{I}{B + I} \quad (13).$$

A fração efetivamente degradada da FDN foi obtida em adaptação às sugestões de Ørskov & McDonald (1979), segundo a equação:

$$FED = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [f(t) \times (-\frac{dRt}{dt})] dt \quad (14);$$

em que: FED = fração efetivamente degradada da FDN (%); $f(t)$ = função relativa ao deslocamento de sólidos no ambiente ruminal.

A função $f(t)$ foi obtida por re-parametrização de (7), re-interpretando-se o perfil excretório obtido de partículas emergentes para partículas residentes (Ellis et al., 1994):

$$f(t) = (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t) \quad (15).$$

O experimento foi analisado em esquema fatorial 2 x 2+1 (fornecimento ou não de compostos nitrogenados, fornecimento ou não de amido, mais tratamento adicional). Após a análise de variância, os tratamentos foram comparados por intermédio de contrastes, cuja organização é expressa na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição dos coeficientes empregados nos contrastes

Contraste ²	Tratamentos ¹				
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC
Conjunto Ortogonal					
N	+1	-1	+1	-1	0
A	+1	+1	-1	-1	0
N x A	+1	-1	-1	+1	0
Contraste Adicional					
ADIC	0	0	0	+1	-1

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N x A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

Os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do PROC GLM do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.2), adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Para os ajustamentos não lineares relativos às equações (7) e (9) utilizou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton implementado no PROC NLIN do SAS. A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da distribuição de χ^2 segundo o teste de identidade de modelos não lineares proposto por Regazzi (2003). Neste caso, avaliaram-se as diferenças globais entre todos os tratamentos.

Para a cinética de trânsito, os testes supracitados foram aplicados somente aos parâmetros γ e τ , uma vez que o parâmetro Z não apresenta sentido biológico (Equação 7). Para a cinética de degradação avaliou-se somente o parâmetro λ (Equação 9), sob o pressuposto de as frações potencialmente degradável e indegradável constituírem características exclusivas do substrato (Detmann et al., 2008). As estimativas dos demais parâmetros, por serem derivados dos parâmetros acima listados, foram avaliadas descritivamente. Para os procedimentos não-lineares adotou-se 0,10 como nível crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

Um dos animais apresentou problemas não relacionados aos tratamentos experimentais durante a segunda metade do quinto período experimental, havendo assim a perda de informações no tocante às variáveis associadas aos coeficientes de digestibilidade parcial. Adicionalmente, ocorreram perdas de amostras associadas a dois animais quanto à concentração de NUS.

Resultados

Os consumos de MS, MS de pasto, MO, MO de pasto, EE, FDNcp, FDNcp digerida e FDNi não foram afetados ($P>0,10$) por nenhum dos fatores avaliados neste estudo (Tabela 3). Contudo, mesmo sem efeitos significativos ($P>0,10$), verificou-se que os consumos de MS de pasto, FDNcp e FDNcp digerida (kg/dia) foram incrementados em 19,3; 20,6; e 27,9% pela suplementação exclusiva com compostos nitrogenados, respectivamente, em relação ao controle (Tabela 3).

O consumo de PB apresentou efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido ($P<0,10$). O desdobramento deste efeito (Tabela 4) permitiu evidenciar que tanto na ausência, como na presença de amido, a suplementação com compostos nitrogenados elevou ($P<0,10$) o consumo de PB. Contudo, com a suplementação com compostos nitrogenados observou-se menor consumo de PB ($P<0,10$) na ausência de suplementação com amido em relação aos animais que receberam ambos os tipos de suplementos. Na ausência de suplementação com compostos nitrogenados, a suplementação com amido não afetou ($P>0,10$) o consumo de PB (Tabela 4). Adicionalmente, o suprimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com nitrogênio e amido elevou ($P<0,10$) o consumo de PB (Tabela 3).

O consumo de CNF foi ampliado ($P<0,10$) com a suplementação com amido, não havendo efeito ($P<0,10$) dos demais fatores avaliados (Tabela 3).

Os consumos de MS digerida e MO digerida não foram afetados ($P>0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados, com amido ou por sua interação. Contudo, para ambas as variáveis verificou-se ampliação ($P>0,10$) em função do suprimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com nitrogênio e amido (Tabela 3).

Tabela 3 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritos de probabilidades para contrastes (Valor-P) para os consumos de matéria seca (MS), MS de pasto (MSP), matéria orgânica (MO), MO de pasto (MOP), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF), MS digerida (MSD), MO digerida (MOD), FDNcp digerida (FDNcpD), nutrientes digestíveis totais (NDT) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC		N	A	N × A	ADIC
	kg/animal/dia									
MS	6,824	8,320	7,728	8,102	9,519	22,3	0,2700	0,6789	0,5011	0,2391
MSP	6,824	8,141	6,720	6,690	8,100	24,6	0,4377	0,3510	0,4169	0,2368
MO	6,209	7,546	7,117	7,462	8,789	22,3	0,2780	0,5880	0,5158	0,2292
MOP	6,209	7,370	6,110	6,073	7,394	24,7	0,4585	0,3601	0,4305	0,2271
PB	0,570	0,988	0,563	1,335	1,654	16,2	<0,0001	0,0407	0,0342	0,0101
EE	0,091	0,118	0,100	0,113	0,140	29,4	0,2010	0,8845	0,6215	0,2202
FDNcp	4,015	4,841	4,108	4,060	4,773	23,5	0,4134	0,4681	0,3593	0,2932
CNF	1,421	1,778	2,344	2,701	3,126	21,3	0,1249	0,0011	0,9980	0,1909
MSD	2,417	3,214	3,364	3,588	4,892	30,2	0,3003	0,1867	0,5543	0,0743
MOD	2,418	3,156	3,386	3,578	4,793	28,2	0,3088	0,1382	0,5440	0,0731
FDNcpD	1,974	2,525	1,993	1,917	2,594	29,2	0,4230	0,3267	0,2970	0,1224
NDT	2,253	3,304	3,376	4,334	5,715	25,8	0,0404	0,0299	0,9174	0,0454
FDNi	1,667	2,048	1,804	1,831	1,823	22,9	0,2992	0,8357	0,3642	0,9784
	g/kg de peso corporal									
MS	17,4	21,1	18,9	20,0	23,1	22,3	0,2553	0,9345	0,5168	0,2798
MSP	17,4	20,6	16,4	16,5	19,7	24,8	0,4153	0,2252	0,4410	0,2815
MO	15,8	19,1	17,4	18,3	21,4	22,3	0,2628	0,8333	0,5346	0,2677
MOP	15,8	18,7	14,9	15,0	17,0	24,9	0,4355	0,2309	0,4577	0,2697
FDNcp	10,2	12,3	10,0	10,0	11,6	23,9	0,3958	0,3127	0,3893	0,2932
FDNi	4,2	5,2	4,4	4,5	4,4	23,3	0,2897	0,6282	0,3987	0,9132

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

Por outro lado, o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi elevado ($P<0,10$) tanto pela suplementação com compostos nitrogenados, como pela suplementação com amido; não havendo, contudo, efeito de interação ($P>0,10$). O consumo de NDT foi também incrementado ($P<0,10$) pelo suprimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com nitrogênio e amido (Tabela 3).

A suplementação com compostos nitrogenados elevou ($P<0,10$) o nível dietético de NDT, não afetando, contudo, os coeficientes de digestibilidade total ($P>0,10$), com exceção da PB, no qual se observou efeito interativo ($P<0,10$) com a suplementação com amido. Por outro lado, a suplementação com amido elevou ($P<0,10$) o nível dietético de NDT e os coeficientes de digestibilidade total da MS, MO e CNF. O suprimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com nitrogênio e amido elevou ($P<0,10$) o nível dietético de NDT e os coeficientes de digestibilidade total da MS, MO e FDNcp (Tabela 5).

Tabela 4 - Desdobramento do efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido sobre o consumo de proteína bruta (CPB) e sobre os coeficientes de digestibilidade ruminal (DRPB) e total (DPB) da proteína bruta

Nitrogênio ¹	Amido ¹	
	Sem	Com
	CPB (kg/dia)	
Sem	0,570Ba	0,563Ba
Com	0,988Ab	1,335Aa
	DRPB (%)	
Sem	-33,1Ba	-62,1Bb
Com	6,5Ab	29,0Aa
	DPB (%)	
Sem	31,2Ba	22,8Ba
Com	53,5Ab	67,3Aa

¹ Médias na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, ou na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F ($P<0,10$).

A avaliação do efeito de interação sobre o coeficiente de digestibilidade total da PB permitiu verificar que, tanto na ausência, como na presença de amido, houve incremento ($P<0,10$) nas estimativas deste parâmetro com a suplementação com compostos nitrogenados. Contudo, incremento no coeficiente de digestibilidade total da PB com a suplementação com amido somente foi verificado ($P<0,10$) na presença de compostos nitrogenados (Tabela 4).

Tabela 5 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para os coeficientes de digestibilidade ruminal, intestinal e total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF) e teor dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC		N	A	N × A	ADIC
Ruminal ³										
MS	11,8	16,4	13,9	20,0	34,7	40,6	0,1763	0,4608	0,8376	0,0208
MO	21,8	26,0	24,3	29,9	41,9	23,5	0,1531	0,3359	0,8204	0,0264
PB ⁴	-33,1	6,5	-62,1	29,0	45,5	477,6	<0,0001	0,7024	0,0101	0,2058
EE	-146,5	-139,6	-152,3	-127,3	86,1	57,3	0,6650	0,9306	0,8065	0,4537
FDNcp	42,7	44,9	36,8	37,9	46,7	17,1	0,6203	0,0845	0,8773	0,1066
CNF	-9,8	-10,4	25,1	37,4	49,6	100,9	0,5243	0,0007	0,4855	0,3789
Intestinal ³										
MS	26,2	25,5	33,7	28,3	24,9	19,9	0,2723	0,0735	0,3956	0,3913
MO	21,5	20,1	30,0	24,0	21,1	25,2	0,2100	0,0471	0,4309	0,4960
PB	47,5	49,7	51,9	51,6	50,7	9,4	0,6796	0,1873	0,5692	0,8069
EE	46,0	53,5	55,3	52,1	47,3	18,0	0,6275	0,3821	0,2389	0,4742
FDNcp	11,5	12,3	16,3	10,9	13,7	92,7	0,6940	0,7675	0,6027	0,3789
CNF	20,1	15,5	37,6	20,5	18,1	54,9	0,0887	0,0782	0,3040	0,8097
Total										
MS	35,4	37,9	43,1	43,8	51,4	11,3	0,4658	0,0081	0,6758	0,0278
MO	38,8	41,1	47,2	47,6	54,5	9,3	0,5055	0,0022	0,6342	0,0246
PB	31,2	53,5	22,8	67,3	73,7	16,3	<0,0001	0,4688	0,0097	0,2411
EE	-29,2	-12,9	-15,4	-1,1	3,3	232,0	0,2080	0,2860	0,9296	0,7909
FDNcp	49,5	51,7	47,8	46,3	54,3	9,8	0,8700	0,1286	0,4111	0,0233
CNF	11,7	9,6	53,9	55,9	59,7	33,1	0,9906	<0,0001	0,7230	0,6410
NDT	33,8	39,5	43,3	53,7	60,1	7,0	0,0001	<0,0001	0,1311	0,0085

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido. ³ Como percentual do que chegou ao local de digestão.

Verificou-se efeito de interação ($P<0,10$) da suplementação com compostos nitrogenados e amido sobre o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB (Tabela 5). O desdobramento deste efeito permitiu verificar que, tanto na ausência, como na presença de amido, houve incremento ($P<0,10$) nas estimativas deste parâmetro com a suplementação com compostos nitrogenados; causando a alteração dos valores de negativos para positivos. Por outro lado, a suplementação com amido reduziu e ampliou ($P<0,10$) o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB na ausência e na presença de nitrogênio, respectivamente (Tabela 4). O suprimento adicional de PB para animais suplementados com amido e nitrogênio não alterou ($P>0,10$) o coeficiente de digestibilidade ruminal da PB embora incremento de 16,5 pontos percentuais tenha sido verificado (Tabela 5).

A suplementação com amido elevou ($P<0,10$) os coeficientes de digestibilidade ruminal dos CNF, mas reduziu ($P<0,10$) a utilização da FDNcp no rúmen. Por outro lado, o suprimento adicional de PB para animais suplementados com amido e nitrogênio ampliou ($P<0,10$) os coeficientes de digestibilidade ruminal da MS e da MO (Tabela 5).

Nenhum efeito ($P>0,10$) de interação ou do suprimento adicional de PB foi verificado sobre os coeficientes de digestibilidade intestinal. A suplementação com compostos nitrogenados reduziu ($P<0,10$) a digestibilidade intestinal dos CNF. Por outro lado, a suplementação com amido elevou ($P<0,10$) os coeficientes de digestibilidade intestinal da MS, MO e CNF (Tabela 5).

O pH ruminal foi reduzido ($P<0,10$) pela suplementação com amido, não sendo afetado ($P>0,10$) pelos demais fatores avaliados (Tabela 6).

Verificou-se efeito de interação ($P<0,10$) entre compostos nitrogenados e amido para o consumo de nitrogênio e sobre a concentração de NAR (Tabela 6). A avaliação deste efeito sobre o consumo de nitrogênio (Tabela 7) segue os mesmos padrões verificados para o consumo de PB (Tabela 4). Por outro lado, o desmembramento da interação sobre a concentração de NAR indicou ampliação ($P<0,10$) dos valores desta variável com a suplementação com compostos nitrogenados na ausência de amido, não sendo alterada ($P>0,10$), contudo, na presença de amido. Por outro lado, a suplementação com amido na ausência de nitrogênio não alterou ($P>0,10$) a concentração de NAR, mas reduziu ($P<0,10$) quando fornecido conjuntamente com nitrogênio (Tabela 7).

Tabela 6 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para o pH ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), consumo de nitrogênio (CN – g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), balanço aparente de compostos nitrogenados absoluto (BN – g/dia) e relativo (BNR – g/g nitrogênio ingerido), concentrações séricas de nitrogênio uréico antes (NUSa – mg/dL) e depois da suplementação (NUSd – mg/dL), fluxos intestinais de compostos nitrogenados microbianos absoluto (NMIC – g/dia) e relativo (NMICR – g /g nitrogênio ingerido) e eficiência de síntese microbiana (EFM – g PB microbiana/kg de NDT) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC		N	A	N × A	ADIC
pH	7,36	7,36	7,21	7,28	7,23	1,4	0,5421	0,0263	0,5421	0,5326
NAR	4,46	17,13	4,06	8,32	11,91	46,5	0,0009	0,0329	0,0477	0,2466
CN	91,3	158,2	90,1	213,6	267,1	17,3	<0,0001	0,0497	0,0422	0,0174
EFN	61,2	73,7	68,6	68,6	71,6	22,0	0,3946	0,8701	0,3945	0,8024
EUN	29,9	70,7	27,6	63,0	111,3	32,6	0,0017	0,5890	0,7681	0,0083
BN	0,1	13,8	-6,1	69,6	86,3	116,5	0,0148	0,1348	0,0688	0,5203
BNR	-0,03	0,07	-0,09	0,33	0,35	212,3	0,0288	0,3186	0,1339	0,9463
NUSa	9,0	15,5	6,7	23,1	20,0	16,7	<0,0001	0,0435	0,0014	0,1121
NUSd	13,7	20,1	6,4	26,2	24,2	25,3	<0,0001	0,7730	0,0070	0,5781
NMIC	49,2	67,5	62,4	75,6	108,8	30,7	0,1587	0,3262	0,8093	0,0796
NMICR	0,58	0,45	0,71	0,37	0,40	34,1	0,0193	0,7747	0,2376	0,8473
EFM	137,9	144,5	118,5	120,4	113,7	36,4	0,8526	0,3546	0,9193	0,8591

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

A excreção fecal de nitrogênio não foi afetada ($P>0,10$) por nenhum dos fatores avaliados. Em adição, a excreção urinária de nitrogênio foi ampliada ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados, mas não foi afetada ($P>0,10$) pela suplementação com amido ou pelo efeito de interação (Tabela 6).

O balanço aparente de compostos nitrogenados (BN) foi afetado ($P<0,10$) de forma interativa pela suplementação (Tabela 6). As estimativas de BN somente foram incrementadas ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados na presença de amido. Por consequência, a suplementação com amido somente foi capaz de elevar ($P<0,10$) o BN na presença de compostos nitrogenados suplementares (Tabela 7).

Tabela 7 - Desdobramento do efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido sobre o consumo de nitrogênio (CN), concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), balanço de compostos nitrogenados (BN) e concentrações séricas de nitrogênio uréico antes (NUSa) e depois da suplementação (NUSd)

Nitrogênio ¹	Amido ¹	
	Sem	Com
	CN (g/dia)	
Sem	91,3Ba	90,1Ba
Com	158,2Ab	213,6Aa
	NAR (mg/dL)	
Sem	4,46Ba	4,06Aa
Com	17,13Aa	8,32Ab
	BN (g/dia)	
Sem	0,1Aa	-6,1Ba
Com	13,8Ab	69,6Aa
	NUSa (mg/dL)	
Sem	9,0Ba	6,7Ba
Com	15,5Ab	23,1Aa
	NUSd (mg/dL)	
Sem	13,7Ba	6,4Bb
Com	20,1Ab	26,2Aa

¹ Médias na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, ou na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F ($P<0,10$).

A despeito do efeito interativo sobre BN, o balanço relativo de compostos nitrogenados (BNR), expresso como g de nitrogênio aparentemente por g de nitrogênio ingerido, somente foi ampliado ($P<0,10$) com a suplementação com compostos nitrogenados, não sendo afetado ($P>0,10$) pela suplementação com amido ou pelo efeito de interação (Tabela 6).

Todas as medidas de NUS apresentaram efeito de interação ($P<0,10$) entre compostos nitrogenados e amido (Tabela 6). As estimativas de NUS tomadas antes da

suplementação matinal (NUSa) foram incrementadas ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados tanto na presença, como na ausência de amido. De outra forma, as estimativas desta variável foram incrementadas ($P<0,10$) pela suplementação com amido somente na presença de nitrogênio (Tabela 7).

Similarmente, as concentrações de NUS tomadas depois da suplementação matinal (NUSd) foram incrementadas ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados tanto na presença, como na ausência de amido. Contudo, as estimativas desta variável foram incrementadas ($P<0,10$) pela suplementação com amido na presença de nitrogênio, mas reduzidas ($P<0,10$) quando nitrogênio suplementar não foi fornecido (Tabela 7).

A produção absoluta de compostos nitrogenados no rúmen (NMIC) não foi afetada ($P>0,10$) pela suplementação com nitrogênio ou amido ou sua interação. Contudo, a produção relativa destes compostos em relação ao consumo de nitrogênio (NMICR) foi reduzida ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados (Tabela 6).

Nenhum efeito foi observado ($P>0,10$) sobre a eficiência de síntese microbiana no rúmen (EFM), observando-se valor médio de 127,0 g PB microbiana/kg de NDT (Tabela 6).

O suprimento adicional de PB para os animais suplementados com nitrogênio e amido incrementou ($P<0,10$) o consumo de nitrogênio, a excreção urinária de nitrogênio e NMIC, mas não afetou ($P>0,10$) as demais variáveis apresentadas na Tabela 6.

As estimativas da taxa fracional conjunta de latência e degradação (λ) foram afetadas ($P<0,10$) pelos tratamentos avaliados. O efeito mais proeminente foi verificado com a suplementação exclusiva com amido, no qual a estimativa obtida foi reduzida em 34,6% em relação ao controle (Tabela 8). Este efeito refletiu sobre a latência discreta a qual foi ampliada em 53% pela suplementação com amido em relação aos animais não suplementados (Tabela 9).

O trânsito ruminal de partículas fibrosas não foi afetado ($P>0,10$) pelos tratamentos (Tabela 10). Verificou-se estimativa média para o parâmetro taxa tempo-dependente (γ) de $0,0247 \text{ h}^{-1}$, o que equivale a 80,84 horas de tempo médio de retenção no rúmen retículo.

Devido a pequenas diferenças nas estimativas das frações potencialmente degradável e indegradável da FDN entre tratamentos (Tabela 8) a avaliação da fração efetivamente degradada da FDN (FED) deve ser considerada mais confiável quando expressa como fração da FDNpd. Desta forma, verificou-se que a suplementação exclusiva com compostos nitrogenados incrementou em 6,4% a estimativa de FED. Por outro lado, a suplementação exclusiva com amido reduziu em 17,8% a estimativa deste parâmetro em

relação ao controle. A suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido ocasionou redução nas estimativas de FED; contudo este efeito se mostrou menos proeminente em comparação à suplementação exclusiva com amido (Tabela 9).

Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹		
	Bp	Ip	λ
C	56,17±2,34	43,83±2,08	0,0607±0,0054
NIT	50,81±2,42	49,19±2,09	0,0678±0,0073
AM	58,27±3,50	39,77±3,57	0,0397±0,0043
NIT + AM	53,06±2,47	46,94±2,20	0,0600±0,0060
ADIC	57,46±2,70	42,54±2,56	0,0543±0,0058
Valor P ³	-	-	0,0082

¹ Bp = fração padronizada potencialmente degradável (%); Ip = fração padronizada indegradável (%); λ = taxa comum de latência e degradação (h⁻¹). ² C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ³ Nível descritivo de probabilidade relativo à diferença entre tratamentos.

Discussão

Em termos gerais, a atividade microbiana ruminal, notadamente sobre os compostos fibrosos, é dependente do nível de nitrogênio presente no meio. O fornecimento adicional de nitrogênio para animais consumindo forragens de baixa qualidade, como aquelas observadas durante o período seco do ano, favoreceria o crescimento de bactérias fibrolíticas, ampliando a degradação ruminal da FDN, o consumo voluntário de pasto e a extração energética a partir dos carboidratos fibrosos da forragem (Paulino et al., 2008; Detmann et al., 2010).

Contudo, embora incrementos da ordem de 20% no consumo de pasto e de FDNcp tenham sido verificados com a suplementação com compostos nitrogenados, nenhum destes foi considerado significativo (Tabela 3), o que aparentemente contraria os pressupostos apresentados acima.

Resultados obtidos em condições tropicais indicam que respostas diretas à suplementação exclusiva com compostos nitrogenados em animais alimentados com forragens de baixa qualidade são dependentes do nível de proteína da dieta. Nestes casos, as variáveis associadas ao consumo total ou de componentes digeridos são estimuladas pela suplementação com compostos nitrogenados até níveis de 8 a 10% de PB na dieta (Lazzarini et al., 2009b; Detmann et al., 2010; Figueiras et al., 2010). A partir deste ponto,

as respostas a este tipo de suplementação se tornam pouco evidentes sobre o consumo e as perdas de compostos nitrogenados passam a ser mais proeminentes (Detmann et al., 2009), o que é corroborado pela elevação na excreção urinária de nitrogênio e na concentração de NUS após a suplementação com compostos nitrogenados suplementares (Tabelas 6 e 7).

Tabela 9 - Estimativas da fração efetivamente degradada da FDN (FEDT - %), fração efetivamente degradada da FDN em relação à FDNpd (FED - %) e latência discreta para degradação da FDN (LAG - h) em função dos diferentes tratamentos

Parâmetros	Tratamentos ^{1 2}				
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC
FEDT	45,12	43,42 (96,2)	38,49 (85,13)	41,10 (91,1)	43,21 (95,8)
FED	80,33	85,46 (106,4)	66,06 (82,2)	77,46 (96,4)	75,20(93,6)
LAG	4,64	4,16 (89,7)	7,10 (153,0)	4,70 (101,3)	5,19 (111,9)

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² Os valores entre parênteses indicam o percentual em relação ao controle (sem suplementação).

A forragem basal avaliada neste estudo apresentou teor médio de PB de 8,24% (Tabela 1), o que a coloca próximo aos patamares anteriormente descritos. Embora os níveis de NAR nos animais sem suplementação (Tabela 6) tenham se mostrado aquém do nível mínimo necessário para a plena atividade fibrolítica no rúmen (8 mg/dL; Detmann et al., 2009), os estímulos causados com a suplementação com compostos nitrogenados podem ser considerados baixos, com ampliação de 6,4% na fração efetivamente degradada da FDN (Tabela 9), o que não conferiu alteração dos coeficientes de digestibilidade ruminal ou total da FDNcp (Tabela 5).

Os incrementos causados no teor de NDT da dieta com a suplementação com compostos nitrogenados (Tabela 5) parecem refletir a ampliação nos coeficientes de digestibilidade da PB, não havendo, portanto, aumento significativo na extração de energia a partir da FDN. Este comportamento é reforçado considerando-se que a suplementação com compostos nitrogenados tenha elevado o consumo de NDT, sem, contudo afetar o consumo de FDNcp digerida (Tabela 3). Isto parece justificar o fato de que animais suplementados exclusivamente com compostos nitrogenados não tenham apresentado aumento na retenção de nitrogênio corporal (Tabela 6), uma vez que esta depende diretamente da disponibilidade de energia no metabolismo (Schroeder & Titgemeyer, 2008).

Em estudo conduzido em condições similares, Figueiras et al. (2010) observaram que a suplementação com compostos nitrogenados incrementou o consumo voluntário e o

coeficiente de digestibilidade ruminal da FDN. Contudo, a forragem basal avaliada por estes autores apresentava nível de PB inferior à forragem avaliada neste estudo. Isto reforça o fato de que variáveis que influenciam efetivamente o crescimento da forragem (ex: variáveis climáticas) possam ser capazes de gerar respostas diferenciadas à suplementação em anos diferentes.

Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de trânsito da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹		
	Z	γ	τ
C	38,61±2,29	0,0241±0,0020	4,34±1,07
NIT	34,97±2,30	0,0214±0,0022	4,57±1,31
AM	43,48±2,35	0,0255±0,0019	4,38±0,90
NIT + AM	41,19±2,33	0,0266±0,0020	4,38±0,91
ADIC	43,60±2,32	0,0261±0,0019	4,42±0,87
Valor P ³	-	0,2804	>0,9999

¹ Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm × h); γ = parâmetro-taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (h⁻¹); τ = tempo de trânsito intestinal (h). ² C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ³ Nível descritivo de probabilidade relativo à diferença entre tratamentos.

Por outro lado, esperar-se-ia que a suplementação com amido em animais alimentados com forragens de baixa qualidade causasse redução do consumo voluntário, como verificado por outros autores (Souza et al., 2010). A suplementação com CNF pode indiretamente alterar o efeito de enchimento da dieta pela modificação da quantidade de resíduos não degradados no rúmen, como reflexo de alterações na degradação da fibra e na taxa de passagem (Dixon & Stockdale, 1999). Este mecanismo foi parcialmente verificado neste estudo, uma vez que a suplementação com amido reduziu a taxa de degradação da FDN e ampliou o tempo de latência (Tabelas 8 e 9), o que corrobora as descrições do efeito de CNF sobre a degradação da FDN realizadas por Mertens & Loften (1980) e sobre a atividade de enzimas fibrolíticas reportadas por Bowman et al. (2004). Isto culminou com a redução do coeficiente de digestibilidade ruminal da FDN, embora não se tenha verificado efeito sobre o coeficiente de digestibilidade total (Tabela 5).

Contudo, embora deprimindo a degradação ruminal da FDN (Tabelas 5 e 9), a suplementação com amido não foi capaz de inibir o consumo de pasto ou de FDNcp (Tabela 3). Isto indica que nenhum efeito substitutivo foi observado com a suplementação com amido. A dimensão do efeito substitutivo com a suplementação energética é dependente da qualidade da forragem, sendo menor em animais alimentados com forragens

de baixa qualidade em comparação com animais alimentados com forragem de alta qualidade (Minson, 1990; Dixon & Stockdale, 1999). Por outro lado, o coeficiente de substituição é reduzido à medida que se reduz a disponibilidade de pasto, uma vez que não se propiciam as condições necessárias para que o consumo de forragem seja maximizado (Minson, 1990). A disponibilidade de forragem observada neste estudo (Figura 2) pode ser considerada baixa, o que associado ao fato de se trabalhar durante o período da seca, justifica a ausência de efeito substitutivo com a suplementação com amido (Tabela 3). O consumo médio de FDN observado neste estudo foi de 10,8 g/kg de peso corporal, inferior ao observado por outros autores durante o período da seca (Moraes et al., 2009; Figueiras et al., 2010; Moraes et al., 2010), indicando que o consumo de pasto pode não ter sido otimizado.

Embora a suplementação com amido tenha reduzido a utilização da FDN no rúmen, o teor dietético e o consumo de NDT foram ampliados, o que reflete diretamente o aumento no consumo (Tabela 3) e no coeficiente de digestibilidade total dos CNF (Tabela 5). O coeficiente de digestibilidade aparente de componentes não fibrosos é diretamente proporcional ao consumo destes componentes (Van Soest, 1994). Desta forma, justifica-se a ampliação da digestibilidade dos CNF com a suplementação com amido.

No entanto, mesmo elevando o consumo de NDT, a suplementação isolada com amido não foi capaz de incrementar a retenção de nitrogênio no organismo animal (Tabela 7). De forma similar ao discutido anteriormente, a maior disponibilidade de energia não pode refletir em síntese de tecidos corporais caso haja restrição na disponibilidade de compostos nitrogenados (Schroeder & Titgemeyer, 2008).

O principal efeito da suplementação observado neste estudo está associado à interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido sobre o BN (Tabela 7), no qual se observou que somente a suplementação conjunta foi capaz de incrementar a retenção de nitrogênio no organismo animal, o que, em condições de produção, refletiria em aumento do ganho de peso. Embora sem demonstrar efeito significativo ($P>0,10$), o BNR apresentou comportamento similar, com valor mais elevado obtido com a suplementação conjunta em comparação à suplementação isolada ou ao controle (Tabela 6).

Os comportamentos de BN e BNR estão interligados ao comportamento de outras variáveis. Tanto a suplementação com amido, como a suplementação com compostos nitrogenados não afetaram a produção de proteína microbiana no rúmen (Tabela 6), a qual constitui a principal fonte de proteína metabolizável (PM) para animais alimentados com

dietas constituídas predominantemente por forragens. Sendo a PM fonte direta para deposição de nitrogênio no organismo animal, o efeito interativo sobre BN reflete a eficiência com que a PM é transformada em proteína líquida, ao invés de ampliação direta no suprimento de PM.

Segundo Detmann et al. (2010), embora o fornecimento de compostos nitrogenados no ambiente ruminal resulte em ampliação do crescimento microbiano sobre a fibra, isto não necessariamente implica ampliação significativa do fluxo de compostos nitrogenados microbianos no intestino delgado, como verificado por diversos autores em condições tropicais (Lazzarini et al., 2009b; Figueiras et al., 2010; Souza et al., 2010). Adicionalmente, Souza et al. (2010) relataram que os efeitos de compostos nitrogenados e carboidratos se mostram interativos quanto à assimilação de nitrogênio. Ambos os argumentos corroboram os resultados observados quanto ao NMIC (Tabela 6) e BN (Tabela 7).

Considerando-se os animais controle, observa-se que não houve retenção de nitrogênio no organismo, mesmo considerando-se a produção de NMIC (Tabela 6). O coeficiente de digestibilidade ruminal da PB (DRPB) nestes animais foi negativo, o que indica que o fluxo de nitrogênio ao abomaso é superior ao consumo de nitrogênio, ou seja, o rúmen está em situação de balanço negativo de compostos nitrogenados e com provimento significativo de nitrogênio via reciclagem de uréia.

Entre vários mecanismos envolvidos na regulação da transferência de uréia para o rúmen, a concentração de NAR assume papel fundamental (NRC, 1985; Huntington & Arquibeque, 2000; Marini & Van Amburgh, 2003), em que animais com baixa concentração de NAR terão maior taxa de transferência de uréia da corrente sanguínea para o ambiente ruminal. Segundo Kennedy & Milligan (1978), a máxima transferência de uréia para o rúmen em bovinos é obtida com 5 a 8 mg NAR/dL. Observando-se a concentração de NAR nos animais não suplementados (4,46 mg/dL), entende-se que a PM ao invés de ser depositada na forma de tecidos, pode estar sendo direcionada ao fígado para a síntese de uréia e posterior fornecimento de compostos nitrogenados via reciclagem para o rúmen para manutenção do nível de NAR (Detmann et al., 2010).

Com a suplementação exclusiva com compostos nitrogenados, a demanda de uréia pelo rúmen é reduzida, uma vez que os níveis de NAR foram incrementados (17,13 mg/dL), refletindo em balanço positivo de compostos nitrogenados no ambiente ruminal (Tabela 4). Assim, o dreno de compostos nitrogenados para a manutenção do ambiente

ruminal seria reduzido (Costa, 2009; Detmann et al., 2010). Contudo, isto não acarretou elevação no BN (Tabela 7).

Em animais ruminantes, a eficiência de deposição de proteína depende da suplementação energética, assim como a eficiência de uso da energia no metabolismo depende da disponibilidade de aminoácidos (Scales et al., 1974; Schroeder & Titgemeyer, 2008). Assim, mesmo havendo redução do dreno ruminal, a PM não é retida no organismo por provável deficiência de energia. Desta forma, a PM em excesso relativo à disponibilidade de energia seria eliminada, o que ampliaria as perdas urinárias, como verificado neste trabalho (Tabela 6).

A suplementação exclusiva com amido representa quadro similar aos animais controle, com baixa concentração de NAR (Tabela 6) e valor negativo de DRPB (Tabela 4). Contudo, nestas condições, a demanda de uréia pelo rúmen é ampliada pela maior disponibilidade de MO degradada no rúmen (Kennedy et al., 1981) dada pela suplementação com amido. Isto é demonstrado pela menor DRPB dos animais suplementados exclusivamente com amido em comparação aos animais não suplementados (Tabela 4). Com a restrição na disponibilidade de PM, o aumento no consumo de energia causado pela suplementação com amido (Tabela 4) não refletiria em retenção de nitrogênio. Nestes casos, o excesso de energia seria eliminado por ciclos fúteis no metabolismo animal (Leng, 1990; Poppi & McLennan, 1995).

Com a suplementação conjunta, os entraves relatados anteriormente seriam eliminados, pois a suplementação com compostos nitrogenados ampliaria o suprimento de NAR (Tabela 7) reduzindo a reciclagem e a demanda de PM para manutenção dos níveis de NAR. Por sua vez, a suplementação com amido proveria energia (Tabela 3) para retenção da PM na forma de tecidos, culminando com a elevação do BN (Tabela 7). Desta forma, confirma-se que a deposição de tecido corporal corresponde a processo interativo, no qual as eficiências de uso da energia e da PM estão inter-relacionadas (Schroeder & Titgemeyer, 2008).

A inclusão do tratamento adicional teve por objetivo verificar se suprimento adicional de compostos nitrogenados poderia exercer efeito benéfico sobre o desempenho nutricional dos animais suplementados simultaneamente como amido e nitrogênio (Tabela 2).

A inclusão carboidratos prontamente fermentáveis favorece as bactérias fermentadoras de CNF 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., 2009; Zorzi et al., 2009), de menor taxa de crescimento e, conseqüentemente, menor capacidade competitiva (Carvalho et al., 2011).

Este efeito foi verificado neste trabalho considerando-se a redução no coeficiente de digestibilidade ruminal da FDN causada pelo amido (Tabela 5). Isto indica que, mesmo com os benefícios causados pela suplementação conjunta com amido e compostos nitrogenados sobre a retenção de nitrogênio no organismo animal (Tabela 7), modificações na composição do suplemento podem ainda ser utilizadas para otimização de outros parâmetros, como a extração de energia a partir da FDN.

Mesmo sem efeito significativo ($P < 0,11$), o fornecimento adicional de compostos nitrogenados para os animais suplementados com amido e nitrogênio elevou em 8,8 pontos percentuais o coeficiente de digestibilidade ruminal da FDN (Tabela 5), o que refletiu elevação do nível dietético (Tabela 5) e do consumo de NDT (Tabela 3).

Embora a diferença entre os tratamentos contemplados nesta comparação não tenha sido evidente quanto à taxa de degradação da FDN (Tabela 8), o fornecimento adicional de compostos nitrogenados incrementou a produção de NMIC (Tabela 6), o que parece refletir redução na competição entre espécies microbianas no rúmen. Mesmo sem efeito significativo ($P > 0,10$), o maior fornecimento de PM a partir de NMIC incrementou em 24% a estimativa de BN nos animais recebendo o suprimento adicional de compostos nitrogenados.

Segundo Detmann et al. (2010), um sistema de produção animal a pasto é dito otimizado quando este se baseia na máxima exploração possível do efeito interativo positivo e/ou na minimização do efeito interativo negativo entre recursos basais e suplementares. Adaptando-se esta informação a partir dos resultados obtidos neste trabalho, afirma-se que suplementos fornecidos para bovinos a pasto durante o período seco devem buscar maximizar o efeito interativo positivo entre forragem e os componentes energéticos e protéicos do suplemento, de forma a ampliar a retenção de compostos nitrogenados no organismo animal, o que refletirá em maior ganho de peso. Por outro lado, a composição dos suplementos pode ser manipulada de forma a, secundariamente, minimizar os efeitos interativos negativos entre suplementos e a utilização da forragem basal (ex: competição entre espécies microbianas) o que garantirá melhor utilização dos recursos nutricionais do pasto.

Conclusão

A suplementação com amido e compostos nitrogenados para bovinos mantidos a pasto durante o período seco confere efeito interativo potencializando a retenção de nitrogênio no organismo animal. O fornecimento adicional de compostos nitrogenados para animais suplementados simultaneamente com amido e nitrogênio pode reduzir os efeitos negativos da suplementação sobre a degradação ruminal da fibra e ampliar a produção de compostos nitrogenados microbianos no rúmen possivelmente por reduzir os efeitos da competição entre espécies fibrolíticas e não fibrolíticas.

Referências Bibliográficas

- BARBOSA, A.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; DETMANN, E.; LEÃO, M.I. Endogenous fraction and urinary recovery of purine derivatives obtained by different methods in Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v.89, p.510-519, 2011.
- BOWMAN, J.G.P.; SOWELL, B.F.; SURBER, L.M.M.; DANIELS, T.K. Nonstructural carbohydrate supplementation of yearling heifers and range beef cows. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2724-2733, 2004.
- CARVALHO, I.P.C.; DETMANN, E.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; COSTA, V.A.C.; GOMES, D.I. *In vitro* growth and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from rumen fluid according to energy or nitrogen source. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2011 (no prelo).
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details**. Buchsburnd Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1813-1821, 2006.
- COSTA, V.A.C. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas com suplementação protéica ou protéico-energética**. 2009. 90f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- 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.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T.; MANTOVANI, H.C. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p. 980-984, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SAMPAIO, C.B.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; DETMANN, K.S.C. Parameterization of ruminal fiber degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, v.126, p.136-146, 2009.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Otimização do uso de recursos forrageiros basais. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2010. p.191-240.
- DIXON, R.M.; STOCKDALE, C.R. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.757-773, 1999.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- 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.

- HUHTANEN, P. The effects of intraruminal infusions of sucrose and xylose on the nitrogen and fiber digestion in the rumen of cattle receiving diets of grass silage and barley. **Journal of Agriculture Science in Finland**, v.59, p.101-120, 1987.
- HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1x-11x, 2000.
- KENNEDY, M.P.; MILLIGAN, L.P. The effects of dietary sucrose and the concentrations of plasma urea and rumen ammonia on the degradation of urea in the gastrointestinal tract of cattle. **British Journal of Nutrition**, v.43, p.125-140, 1980.
- 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.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C.B.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; OLIVEIRA, F.A. Dinâmicas de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.635-647, 2009a.
- 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, 2009b.
- LENG, R.A. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. **Nutrition Research Review**, v.3, p.277-303, 1990.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MARINI, J.C.; Van AMBURGH, M.E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.81, p.545-552, 2003.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. San Diego: Academic Press, 1990. 483p.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DETMANN, E. Uréia em suplementos protéico-energéticos para bovinos de corte durante o período da seca: características nutricionais e ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.770-777, 2009.
- MORAES, E.H.B.K.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, K.A.K.; DETMANN, E.; SOUZA, M.S. Avaliação nutricional de estratégias de suplementação para bovinos de corte durante a estação seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.608-616, 2010.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis

- in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985. 138p.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- 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: SIMFOR, 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.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- ROOKE, J.A.; LEE, N.H.; ARMSTRONG, D.G. The effects of intraruminal infusions of urea, casein, glucose syrup and a mixture of glucose syrup and casein on nitrogen digestion in the rumen of cattle receiving grass silage diets. **British Journal of Nutrition**, v.57, p. 89-98, 1987.
- SCALES, G.H.; DENHAM, A.H.; STREETER, C.L.; WARD, G.M. Winter supplementation of beef calves on sand hill range. **Journal of Animal Science**, v.38, p.442-448, 1974.
- 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.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de alimentos**. Métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- 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.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J.; GREENWOOD, R.H.; LEST, C.A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- Van MILGEN, J.; MURPHY, L.L.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- Van SOEST, P.J., 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.C. Application of non-linear models in the description of in situ degradation profiles of the elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. Mineiro variety). **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.

- WALDO, D. R.; SMITH, L. W.; COX, E. L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381-385, 1962.
- ZORZI, K.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; BAYÃO, G.F. *In vitro* degradation of neutral detergent fiber of high-quality tropical forage according to supplementation with different nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.964-971, 2009.

Capítulo 2

Desempenho Nutricional de Bovinos em Pastejo durante o Período das Águas Suplementados com Compostos Nitrogenados e/ou Amido

Introdução

No Brasil, a maioria dos bovinos de corte em pastejo tem como base dietética forragens tropicais, as quais, por sua vez, apresentam elevado conteúdo de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (Paulino et al., 2008). Para que a FDN das gramíneas seja utilizada de maneira eficiente faz-se necessário que outros componentes nutricionais, como proteína e minerais, estejam presentes de maneira equilibrada na dieta.

Na época chuvosa, os pastos tropicais não são considerados de baixa qualidade ou deficientes em proteína bruta (PB), como observado durante o período seco. Desta forma, a suplementação com compostos nitrogenados neste período poderia não incrementar o desempenho animal, gerando inclusive inconvenientes ao sistema, como ampliação na perda de nitrogênio para o ambiente. Contudo, benefícios através da suplementação nitrogenada na época das águas são verificados (Zervoudakis et al., 2008; Costa, 2009), porém não pela melhor utilização da fração potencialmente degradável da fibra em detergente neutro (FDN_{pd}) pelas bactérias ruminais (Detmann et al., 2010). Nestas condições, os efeitos da introdução de recursos nitrogenados suplementares passam a apresentar outro enfoque nutricional, passando de dietético durante o período da seca, para metabólico durante o período de chuvas (Detmann et al., 2005a).

A concentração de nitrogênio na dieta no período chuvoso não é limitante para o pleno desenvolvimento de espécies microbianas fibrolíticas; entretanto, neste período, a concentração de matéria orgânica digestível proveniente da forragem basal é abundante e confere ao ambiente ruminal aumento na demanda de nitrogênio para que os microrganismos

possam utilizá-la como substrato energético para seu crescimento (Detmann et al., 2010). Nesta situação, a reciclagem de nitrogênio constitui um dos principais mecanismos para a manutenção de níveis adequados de compostos nitrogenados no ambiente ruminal.

Em recente estudo conduzido em condições tropicais durante o período chuvoso (Costa, 2009) pressupôs-se que a suplementação com compostos nitrogenados ampliaria a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e reduziria a demanda de uréia pelo rúmen, acarretando menor utilização de aminoácidos para produção de uréia no fígado, ampliando a disponibilidade de precursores para a síntese de proteína corporal. Sendo assim, a conversão da energia oriunda da FDNpd de gramíneas tropicais de alta qualidade em produto animal poderia ser incrementada pela suplementação com compostos nitrogenados.

Todavia, a inclusão de recursos suplementares energéticos, principalmente na forma de carboidratos não fibrosos (CNF), poderia prejudicar o desempenho de animais ruminantes na época das águas, pois se aumentaria o desequilíbrio energético-protéico no rúmen, estimulando os mecanismos de reciclagem de nitrogênio e, conseqüentemente, reduzindo a retenção de nitrogênio no organismo animal (Costa, 2009; Detmann et al., 2010).

Entretanto, informações relacionadas ao estudo da inclusão de recursos suplementares nitrogenados e/ou energéticos sob a utilização da forragem basal por bovinos de corte em pastejo durante o período das águas são ainda escassas em condições tropicais. Desta forma, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados e/ou amido sobre o desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Setor de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, entre os meses de janeiro e março de 2009. Os dados climáticos relativos aos meses de execução do experimento são apresentados na Figura 1.

Foram utilizados cinco novilhos Nelore, castrados, com peso corporal (PC) médio inicial de $211,0 \pm 17,1$ kg, fistulados no rúmen. Os animais foram mantidos em piquetes individuais com 0,34 ha, constituídos por capim-braquiária (*Uruchloa decumbens*). Os animais possuíam acesso irrestrito à água em bebedouros individuais e à mistura mineral em comedouros

cobertos. De forma anexa aos piquetes, localizava-se o curral para manejo dos animais, no qual se realizavam coletas de fezes, conteúdo ruminal, sangue, entre outras práticas de manejo.

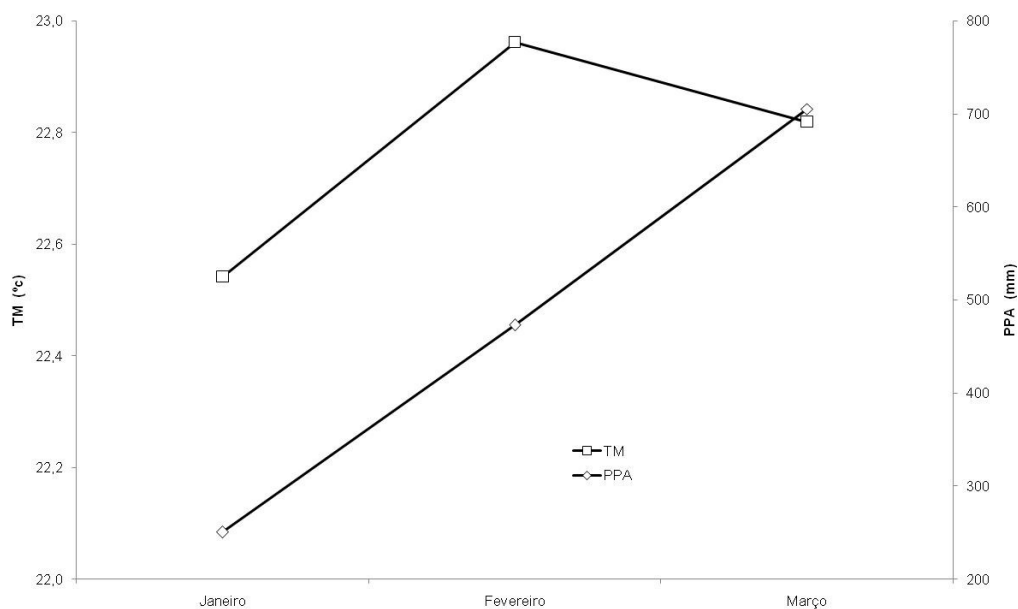


Figura 1 - Precipitação pluviométrica acumulada (PPA) e temperatura média (TM) em função dos meses de realização do experimento (Fonte: Departamento de Engenharia Agrícola - UFV).

Foram avaliados os seguintes tratamentos:

1. controle (somente forragem basal);
2. suplementação com compostos nitrogenados supridos na proporção de 1 g de PB por kg de PC via administração ruminal;
3. suplementação com amido de milho (*Amisol 3408®*, CornProducts Co.) na proporção de 2,5 g/kg de PC via administração ruminal;
4. suplementação com compostos nitrogenados e amido de milho na forma como descrito para os tratamentos 1 e 2; e
5. suplementação similar ao descrito para o tratamento 4 no qual o amido de milho foi substituído por mistura de amido de milho e compostos nitrogenados de modo que a porção energética do suplemento apresentasse 15% de PB.

Como fonte de compostos nitrogenados suplementares foi utilizada uma mistura de uréia, sulfato de amônio e albumina (*Maximus®*, Arve Alimentos), na proporção 4,5:0,5:1,

respectivamente. As quantidades fornecidas dos suplementos foram calculadas de acordo com o peso corporal dos animais no início de cada período experimental, sendo as quantidades de suplementos fracionadas em duas porções semelhantes e infundidas no rúmen dos animais diariamente às 6h00 e 18h00.

A escolha dos componentes do suplemento protéico se deu com base na ausência de carboidratos, permitindo avaliar os efeitos da suplementação com compostos nitrogenados sem que alguma fonte suplementar de fibra ou energia interferisse nas mensurações. A inclusão de albumina no suplemento buscou suprir as necessidades microbianas em termos de proteína verdadeira degradável no rúmen, permitindo o fornecimento de substratos essenciais, como ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada. O suplemento energético, por sua vez, foi constituído por amido de milho.

O experimento foi implementado e conduzido segundo delineamento em quadrado latino de 5 x 5, com cinco tratamentos, cinco animais e cinco períodos experimentais com duração de 15 dias cada. Os cinco primeiros dias de cada período experimental foram destinados à adaptação dos animais à suplementação. Os animais foram pesados no primeiro e último dias de cada período.

No primeiro dia de cada período experimental quantificou-se a massa de forragem disponível em cada piquete por intermédio do corte rente ao solo de cinco áreas delimitadas por um quadrado de dimensões 0,5 x 0,5 m, selecionadas ao acaso em cada piquete. Posteriormente, foram retiradas alíquotas de cada amostra coletada confeccionando-se amostras compostas para cada piquete. Estas foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C), processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e acondicionadas em recipientes previamente identificados. Posteriormente procedeu-se à quantificação do teor de MS (Silva & Queiroz, 2002). A disponibilidade de forragem em função dos períodos experimentais está demonstrada na Figura 2.

A avaliação do pasto ingerido pelos animais foi realizada no primeiro, quarto e sétimo dias de cada período experimental por intermédio de simulação manual de pastejo. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C), processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e posteriormente compostas, como base no peso seco ao ar, por piquete e período experimental.

Para estimação da excreção fecal utilizou-se dióxido de titânio como indicador externo, o qual foi fornecido na quantidade de 20 g/dia a cada animal, às 12h00, por intermédio da fistula ruminal, entre o primeiro e oitavo dias de cada período experimental. As amostras fecais foram tomadas diretamente do reto dos animais a partir do sexto dia do período experimental de acordo com a distribuição: sexto dia - 8h00 e 14h00; sétimo dia 10h00 e 16h00; oitavo dia - 12h00 e 18h00. As amostras de fezes foram secas em estufa com ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 e 2 mm). Posteriormente foram elaboradas amostras compostas com base no peso seco ao ar por animal e período experimental.

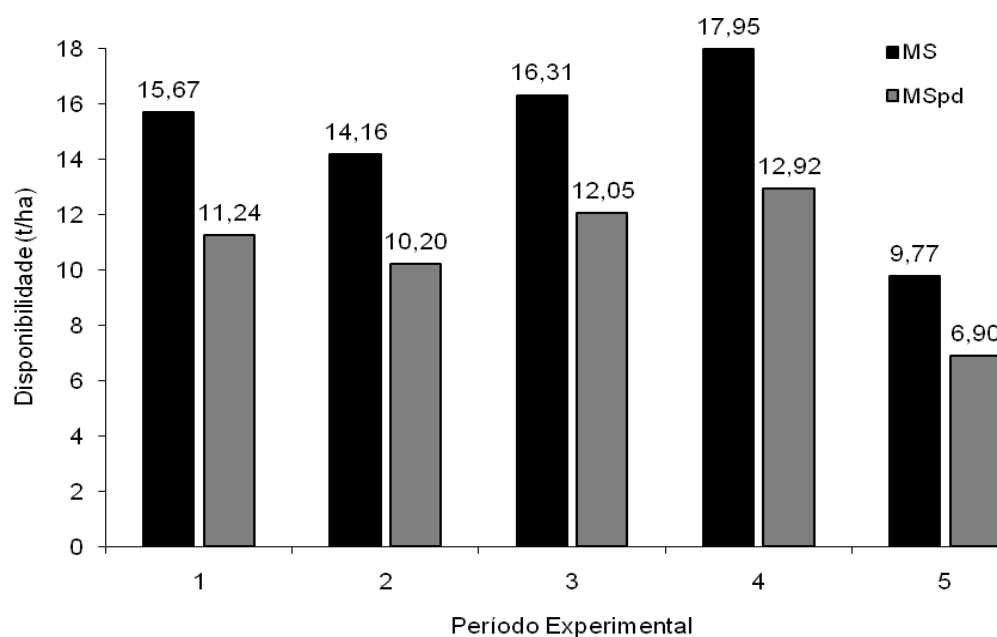


Figura 2 - Disponibilidade média de matéria seca (MS) e matéria seca potencialmente digestível (MSpd) na pastagem em função dos períodos experimentais.

Para avaliar o pH e a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) foram realizadas coletas de líquido ruminal no nono dia de cada período experimental. As amostras foram coletadas manualmente na interface líquido:sólido do ambiente ruminal às 6h00, 12h00, 18h00 e 24h00, filtradas por camada tripla de gaze e submetidas à avaliação imediata do pH utilizando-se potenciômetro digital. Posteriormente, foi separada uma alíquota de 40 mL de líquido ruminal que foi fixada com 1 mL de H_2SO_4 (1:1) e congelada (-20°C) para posterior quantificação da concentração de NAR.

Do décimo ao décimo quinto dia do período experimental foi realizado procedimento para avaliação da cinética de trânsito gastrointestinal de partículas fibrosas, o qual foi baseado no fornecimento de indicador externo em procedimento de dose única (Ellis et al., 1994), sendo empregado como indicador o cromo mordente à fibra, produzido conforme descrição de Udén et al. (1980). A base fibrosa para produção do indicador foi retirada de amostras de pasto obtidas por simulação manual de pastejo no primeiro dia de cada período experimental. Para simulação da atividade inicial de mastigação pelo animal, as amostras foram submetidas a um processo de moagem tripla em moinho de facas, sem peneira, segundo sugestões de Detmann et al. (2005b).

Foram fornecidos 100 g de fibra mordente no rúmen de cada animal às 8h00 do décimo dia, sendo as amostras fecais obtidas diretamente do reto dos animais em 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108 e 120 horas após o fornecimento do indicador. As amostras foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm).

Simultaneamente a esta avaliação, foi conduzido procedimento de incubação *in situ* para quantificação da degradação ruminal da FDN.

Amostras de pasto obtidas via simulação manual de pastejo (primeiro dia de cada período experimental), depois de secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (2 mm), foram acondicionadas em sacos de tecido não-tecido (TNT, 100 g/m²) (Casali et al., 2008), com dimensões 4 x 5 cm, na proporção de 20 mg MS/cm² de superfície. As amostras foram incubadas em duplicata para cada tempo de incubação no rúmen dos animais. Empregaram-se os seguintes tempos de incubação: 0, 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96 e 120 horas. Os sacos foram dispostos em ordem reversa no tocante aos tempos de incubação, de forma a serem retirados simultaneamente, sendo então lavados em água corrente e secos sob ventilação forçada (60°C).

Foram realizadas, no décimo quinto dia de cada período experimental, coletas de urina, na forma de amostra *spot*, em micção espontânea dos animais, antes (6h00) e aproximadamente seis horas (12h00) após o fornecimento da suplementação matinal. As amostras coletadas foram filtradas em gaze e alíquotas de 10 mL foram separadas e diluídas com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) e congeladas (-20°C) para posteriores análises.

Concomitantemente às coletas de urina foram feitas coletas de sangue via veia jugular, utilizando tubos de ensaio com gel separador e acelerador de coagulação (BD Vacutainer® SST II Advance). As amostras de sangue foram imediatamente centrifugadas a $2700 \times g$, por 15 minutos para obtenção do soro, o qual foi congelado (-20°C) para posterior avaliação da concentração de nitrogênio uréico (NUS).

As amostras de forragem e fezes, processadas em 1 mm, foram avaliadas quanto aos teores de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H_2SO_4 72% p/p) segundo técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de FDN foram obtidos segundo descrições de Mertens (2002), utilizando-se α -amilase termoestável e omitindo-se o uso de sulfito de sódio. As correções para proteína e cinzas na FDN e na FDA seguiram os procedimentos descritos por Licitra et al. (1996) e Mertens (2002), respectivamente. Os suplementos foram analisados quanto aos teores de MS, MO e PB, como descrito anteriormente (Tabela 1).

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

Item	Suplementos ⁴				Pasto ⁵
	NIT	AM	NIT + AM	ADIC	
MS ¹	95,98	88,27	92,13	92,17	19,88±0,57
MO ²	98,70	99,95	98,65	98,78	89,66±1,31
PB ²	204,27	0,00	58,23	65,83	13,49±1,45
EE ²	---	---	---	---	3,77±1,15
FDN ²	---	---	---	---	61,05±2,34
FDNcp ²	---	---	---	---	54,95±2,67
CNF	3,55	99,95	95,28	94,74	17,45±1,55
PIDN ³	---	---	---	---	17,16±4,17
FDA ²	---	---	---	---	28,40±1,39
FDACP ²	---	---	---	---	23,88±1,55
PIDA ³	---	---	---	---	2,53±1,26
Lignina ²	---	---	---	---	3,06±0,31
FDNi ²	---	---	---	---	17,65±1,77

¹ % da matéria natural. ² % da MS. ³ % da PB. ⁴ NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ⁵ Média ± erro-padrão da média (amostras obtidas por simulação manual de pastejo).

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

$$CNF = 100 - [MM + EE + FDN_{cp} + (PB - PBu + U)] \quad (1);$$

em que: CNF = teor de carboidratos não fibrosos; MM = teor de matéria mineral; EE = teor de extrato etéreo; FDN_{cp} = teor de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; PB = teor de proteína bruta; PBu = teor de proteína bruta oriunda da uréia; e U = teor de uréia. Todos os termos são expressos como % da MS.

As amostras fecais referentes à avaliação de consumo foram avaliadas quanto aos teores de dióxido de titânio segundo técnica colorimétrica descrita por Titgemeyer et al. (2001). A excreção fecal foi estimada por intermédio da relação entre dose e concentração fecal do indicador externo.

As estimativas de consumo de forragem foram obtidas utilizando-se a FDN indigestível (FDNi) como indicador interno, quantificadas por procedimentos de incubação *in situ* por 240 horas nas amostras processadas a 2 mm, segundo recomendações de Casali et al. (2008).

O consumo foi estimado adaptando-se as recomendações de Detmann et al. (2001a), uma vez que os suplementos eram isentos de FDNi:

$$CMS = \frac{(EF \times CIFz)}{CIFor} + CMSSup \quad (2);$$

em que: CMS = consumo de MS (g/dia); EF = excreção fecal (g/dia); CIFz = concentração de FDNi nas fezes (g/g); CMSSup = consumo de MS de suplemento (g/dia); e CIFor = concentração de FDNi na forragem (g/g).

As amostras de forragem relativas à avaliação de disponibilidade foram avaliadas quanto aos teores de MS, FDN e FDNi como previamente descrito. O percentual de MS potencialmente digestível (MSpd) da forragem disponível foi estimado segundo Paulino et al. (2008):

$$MSpd = 0,98 \times (100 - FDN) + (FDN - FDNi) \quad (3);$$

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

A concentração de NAR no líquido ruminal foi estimada pelo método colorimétrico descrito por Chaney & Marbach (1962). As concentrações obtidas nos diferentes tempos de

amostragem foram combinadas por animal, produzindo-se, ao final, um único valor o qual representa a média diária de concentração de NAR. Combinação similar foi conduzida para os valores de pH ruminal.

As amostras de soro sanguíneo, após descongelamento, foram analisadas quanto aos teores de uréia, segundo método enzimático-colorimétrico (Bioclin® K047).

As amostras de urina, depois de descongeladas, foram compostas por animal e período experimental e analisadas quanto aos teores de creatinina, segundo o método de Jaffé modificado (Bioclin® K016-1); nitrogênio total, segundo o método de Kjeldahl (Silva & Queiroz, 2002); ácido úrico, por método enzimático-colorimétrico com fator clareante de lípidos (Human® 10687); e alantoína, segundo método colorimétrico descrito por Chen & Gomes (1992).

O volume total urinário foi estimado por intermédio da relação entre concentração de creatinina na urina a sua excreção por unidade de peso vivo, a qual foi obtida segundo equação descrita por Chizzotti et al. (2006):

$$EC = 32,27 - 0,01093 \times PV \quad (4);$$

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

A excreção de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina.

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

$$PA = \frac{DP - 0,385 \times PC^{0,75}}{0,85} \quad (5);$$

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

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

$$N_{mic} = \frac{70 \times PA}{0,83 \times R \times 1000} \quad (6);$$

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

Adotou-se a relação $N_{RNA}:N_{TOTAL}$ de 0,176 (Valadares Filho, 1995).

As amostras de fezes relativas aos procedimentos para quantificação dos parâmetros da cinética de trânsito foram analisadas quanto aos teores de MS (Silva & Queiroz, 2002) e cromo (Williams et al., 1962).

Os parâmetros de cinética de trânsito foram estimados por intermédio do ajustamento à curva de excreção fecal do indicador do modelo $\Gamma(2)$ tempo-dependente descrito por Ellis et al. (1994):

$$C_t = Z \times (t - \tau) \times \gamma \times \exp[-\gamma \times (t - \tau)] \quad (7);$$

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

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

$$TMRR = \frac{2}{\gamma} \quad (8).$$

Os resíduos de degradação ruminal foram analisados quanto ao teor de FDN em aparelho analisador de fibras (Ankom²⁰⁰®). Os perfis de degradação da FDN foram interpretados por intermédio do modelo logístico descrito por Van Milgen et al. (1991):

$$R_t = B \times (1 + \lambda \times t) \times \exp(-\lambda \times t) + I \quad (9);$$

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

As estimativas de latência discreta foram obtidas segundo derivações de Vieira et al. (1997):

$$LAG = \frac{R(0) - R(t_i)}{R'(t_i)} + t_i \quad (10);$$

em que: LAG = latência discreta (h); $R(0)$ = resíduo de FDN não degradado em $t = 0$ (%); $R(t_i)$ = resíduo não degradado de FDN obtido no ponto de inflexão da curva de degradação (%); $R'(t_i)$ = derivada da curva ajustada de degradação para o ponto de inflexão (máxima taxa de degradação do substrato) (h^{-1}); e t_i = tempo equivalente ao ponto de inflexão da curva de degradação (h).

Os valores de t_i foram obtidos por (Van Milgen et al., 1991):

$$t_i = \frac{1}{\lambda} \quad (11).$$

As frações B e I foram expressas na forma padronizada, segundo sugestões de Waldo et al. (1972):

$$Bp = \frac{B}{B + I} \quad (12);$$

$$Ip = \frac{I}{B + I} \quad (13).$$

A fração efetivamente degradada da FDN foi obtida em adaptação às sugestões de Ørskov & McDonald (1979), segundo a equação:

$$FED = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t [f(t) \times (-\frac{dRt}{dt})] dt \quad (14);$$

em que: FED = fração efetivamente degradada da FDN (%); $f(t)$ = função relativa ao deslocamento de sólidos no ambiente ruminal.

A função $f(t)$ foi obtida por re-parametrização de (7), re-interpretando-se o perfil excretório obtido de partículas emergentes para partículas residentes (Ellis et al., 1994):

$$f(t) = (1 + \gamma \times t) \times \exp(-\gamma \times t) \quad (15).$$

O experimento foi analisado em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$ (fornecimento ou não de compostos nitrogenados, fornecimento ou não de amido, mais tratamento adicional). Após a análise de variância, os tratamentos foram comparados por intermédio de contrastes, cuja organização é expressa na Tabela 2.

Os procedimentos estatísticos foram conduzidos por intermédio do PROC GLM do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.2), adotando-se 0,10 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Para os ajustamentos não lineares relativos às equações (7) e (9) utilizou-se o algoritmo iterativo de Gauss-Newton implementado no PROC NLIN do SAS. A comparação entre tratamentos foi realizada por intermédio da distribuição de χ^2 segundo o teste de identidade de modelos não lineares proposto por Regazzi (2003). Neste caso, avaliaram-se as diferenças globais entre todos os tratamentos.

Para a cinética de trânsito, os testes supracitados foram aplicados somente aos parâmetros γ e τ , uma vez que o parâmetro Z não apresenta sentido biológico (Equação 7). Para a cinética de degradação avaliou-se somente o parâmetro λ (Equação 9), sob o pressuposto de as frações potencialmente degradável e indegradável constituírem características exclusivas do substrato (Detmann et al., 2008). As estimativas dos demais parâmetros, por serem derivados dos parâmetros acima listados, foram avaliadas descritivamente. Para os procedimentos não lineares adotou-se 0,10 como nível crítico de probabilidade assintótica para o erro tipo I.

Tabela 2 - Distribuição dos coeficientes empregados nos contrastes

Contraste ²	Tratamentos ¹				
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC
Conjunto Ortogonal					
N	+1	-1	+1	-1	0
A	+1	+1	-1	-1	0
N × A	+1	-1	-1	+1	0
Contraste Adicional					
ADIC	0	0	0	+1	-1

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

Um dos animais apresentou problemas não relacionados aos tratamentos experimentais durante o primeiro período experimental, havendo assim a perda de uma unidade experimental no tocante às variáveis associadas ao consumo voluntário e coeficientes de digestibilidade.

Resultados

A suplementação com compostos nitrogenados ampliou ($P<0,10$) o consumo de PB, porém não afetou isoladamente ($P>0,10$) nenhuma das demais variáveis associadas ao consumo voluntário (Tabela 3).

A suplementação com amido incrementou ($P<0,10$) os consumos de MS e MO, mas não afetou ($P>0,10$) os consumos de MS de pasto e MO de pasto. Adicionalmente, efeitos isolados da suplementação com amido foram verificados ($P<0,10$) sobre os consumos de PB, MS digerida e MO digerida, havendo incremento na ingestão destes componentes na presença de amido (Tabela 3).

Verificou-se efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido ($P<0,10$) sobre os consumos de CNF e de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Tabela 3). O desmembramento deste efeito sobre o consumo de CNF indicou que a suplementação com amido elevou ($P<0,10$) o consumo de CNF tanto na presença como na ausência de nitrogênio. Contudo, o consumo de CNF somente foi incrementado ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados na presença de amido. Por outro lado, o consumo de NDT não foi ampliado ($P>0,10$) em relação ao controle quando nitrogênio ou amido foram fornecidos isoladamente, mas foi incrementado ($P<0,10$) quando ambos os componentes foram fornecidos conjuntamente (Tabela 4).

Em nenhuma das variáveis associadas ao consumo voluntário se verificou efeito ($P>0,10$) do fornecimento adicional de nitrogênio aos animais suplementados com compostos nitrogenados e amido (Tabela 3).

Verificou-se efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido ($P<0,10$) sobre os coeficientes de digestibilidade total da MS, MO, FDNcp e CNF e sobre os níveis dietéticos de NDT (Tabela 5).

O desmembramento do efeito de interação sobre os coeficientes de digestibilidade da MS e MO indicou que a suplementação com amido não afetou ($P>0,10$) estas variáveis na ausência de nitrogênio, porém causou incrementos ($P>0,10$) quando nitrogênio foi fornecido. Por outro lado, a suplementação com compostos nitrogenados não alterou ($P>0,10$) os valores na ausência de amido, mas incrementou ($P<0,10$) as estimativas quando amido foi fornecido. Os teores dietéticos de NDT apresentaram comportamento similar a estas variáveis (Tabela 4).

Tabela 3 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritos de probabilidades para contrastes (Valor-P) para os consumos de matéria seca (MS), MS de pasto (MSP), matéria orgânica (MO), MO de pasto (MOP), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF), MS digerida (MSD), MO digerida (MOD), FDNcp digerida (FDNcpD), nutrientes digestíveis totais (NDT) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC		N	A	N × A	ADIC
	kg/animal/dia									
MS	4,389	4,021	5,204	5,335	5,378	16,1	0,7506	0,0139	0,5079	0,9306
MSP	4,389	3,929	4,688	4,612	4,660	17,6	0,4792	0,2071	0,6116	0,9240
MO	3,981	3,589	4,693	4,865	4,874	16,2	0,7477	0,0124	0,4144	0,9846
MOP	3,981	3,499	4,178	4,153	4,166	17,9	0,4633	0,2296	0,5084	0,9758
PB	0,557	0,723	0,654	1,026	1,128	16,8	0,0017	0,0106	0,1407	0,2661
EE	0,163	0,154	0,190	0,168	0,164	21,4	0,3770	0,2416	0,6938	0,8475
FDNcp	2,455	2,131	2,592	2,604	2,477	18,5	0,4775	0,1782	0,4443	0,6640
CNF	0,806	0,681	1,247	1,464	1,549	13,0	0,5271	<0,0001	0,0325	0,3873
MSD	2,189	1,973	2,486	3,046	3,147	21,6	0,5217	0,0233	0,1636	0,7786
MOD	2,145	1,880	2,407	2,955	2,987	20,1	0,5569	0,0154	0,1094	0,9191
FDNcpD	1,549	1,300	1,472	1,677	1,515	23,7	0,8964	0,3873	0,2003	0,4859
NDT	2,198	2,037	2,465	3,406	3,501	19,7	0,1489	0,0077	0,0507	0,7860
FDNi	0,745	0,709	0,821	0,772	0,746	17,5	0,5077	0,2843	0,9216	0,7604
	g/kg de peso corporal									
MS	20,7	19,3	24,5	25,3	25,7	16,6	0,8724	0,0184	0,5554	0,8913
MSP	20,7	18,9	22,1	21,9	22,2	18,1	0,5822	0,2409	0,6618	0,8929
MO	18,8	17,3	22,1	23,1	23,3	16,7	0,8668	0,0160	0,4573	0,9427
MOP	18,8	16,8	19,7	19,7	19,9	18,4	0,5613	0,2633	0,5557	0,9431
FDNcp	11,6	10,2	12,2	12,4	11,8	18,9	0,5636	0,2012	0,4859	0,6981
FDNi	3,5	3,4	3,9	3,7	3,6	17,8	0,6152	0,3349	0,8961	0,7771

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

A avaliação do efeito de interação sobre o coeficiente de digestibilidade da FDNcp indicou que a suplementação isolada com amido deprimiu ($P<0,10$) os valores desta variável. Contudo, este efeito foi anulado ($P<0,10$) quando nitrogênio foi fornecido conjuntamente (Tabela 4).

Tabela 4 - Desdobramento do efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e amido sobre os consumos de carboidratos não fibrosos (CNF) e de nutrientes digestíveis totais (CNDT), sobre os coeficientes de digestibilidade total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não fibrosos (CNF), sobre o teor dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT) e sobre a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR)

Nitrogênio ¹	Amido ¹	
	Sem	Com
	CCNF (kg/dia)	
Sem	0,806Ab	1,247Ba
Com	0,681Ab	1,464Aa
	CNDT (kg/dia)	
Sem	2,198Aa	2,465Ba
Com	2,037Ab	3,406Aa
	DMS (%)	
Sem	49,31Aa	47,85Ba
Com	49,09Ab	56,76Aa
	DMO (%)	
Sem	53,46Aa	51,44Ba
Com	52,43Ab	60,36Aa
	DFDNcp (%)	
Sem	63,01Aa	56,85Bb
Com	61,14Aa	63,70Aa
	DCNF (%)	
Sem	29,72Ab	44,82Ba
Com	20,32Bb	60,76Aa
	NDT (%)	
Sem	49,67Aa	47,43Ba
Com	50,77Ab	63,69Aa
	NAR (mg/dL)	
Sem	5,57Ba	5,61Ba
Com	17,20Aa	11,14Ab

¹ Médias na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, ou na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes, são diferentes pelo teste F ($P<0,10$).

A suplementação com amido ampliou ($P<0,10$) o coeficiente de digestibilidade total dos CNF tanto na presença como na ausência de nitrogênio. Contudo, a suplementação com

compostos nitrogenados reduziu e ampliou ($P<0,10$) a digestibilidade dos CNF na ausência e na presença de amido, respectivamente (Tabela 4).

Adicionalmente, o coeficiente de digestibilidade total da PB foi incrementado ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados, mas não foi afetado ($P>0,10$) pela suplementação com amido (Tabela 5).

De forma similar ao consumo voluntário, nenhuma das variáveis associadas à digestibilidade total apresentou efeito ($P>0,10$) do fornecimento adicional de nitrogênio aos animais suplementados com compostos nitrogenados e amido (Tabela 5).

Nenhum efeito foi verificado ($P>0,10$) sobre o pH ruminal, cujo valor médio foi de 6,53 (Tabela 6). Adicionalmente, a concentração de NAR foi afetada ($P<0,10$) de forma interativa pela suplementação com compostos nitrogenados e amido (Tabela 6). A suplementação com compostos nitrogenados elevou ($P<0,10$) a concentração de NAR considerando-se tanto a presença como a ausência de amido. Por outro lado, a suplementação com amido não afetou ($P>0,10$) esta variável na ausência de nitrogênio. Contudo, a suplementação com amido conferiu redução ($P<0,10$) em NAR quando compostos nitrogenados foram fornecidos (Tabela 4). Nenhuma das demais variáveis apresentadas na Tabela 6 foi afetada interativamente ($P>0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados ou amido.

O consumo de nitrogênio foi incrementado ($P<0,10$) tanto pela suplementação com amido, como pela suplementação com nitrogênio, demonstrando, logicamente, comportamento similar ao consumo de PB. A excreção fecal de nitrogênio foi ampliada ($P<0,10$) pela suplementação com amido, mas não foi afetada ($P>0,10$) pela suplementação com nitrogênio. De forma contrária, a excreção urinária de nitrogênio foi ampliada ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados, mas não foi afetada ($P>0,10$) pela suplementação com amido (Tabela 6). O balanço absoluto de compostos nitrogenados (BN; g/dia) foi incrementado ($P<0,10$) tanto pela suplementação com compostos nitrogenados, como pela suplementação com amido. No entanto, o balanço nitrogenado relativo (BNR; g N retido/g N ingerido) somente foi ampliado ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados (Tabela 6).

Tabela 5 – Médias (%), coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para os coeficientes de digestibilidade total da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF) e teor dietético de nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC		N	A	N × A	ADIC
MS	49,31	49,09	47,85	56,76	58,66	8,6	0,0657	0,1715	0,0547	0,5197
MO	53,46	52,43	51,44	60,36	61,45	6,4	0,0401	0,1095	0,0136	0,6407
PB	52,57	67,58	47,95	72,06	75,59	11,0	0,0001	0,9842	0,1964	0,4451
EE	24,13	22,25	26,72	16,27	33,06	68,1	0,4318	0,8263	0,5816	0,1269
FDNcp	63,01	61,14	56,85	63,70	61,17	7,4	0,2670	0,4169	0,0650	0,3962
CNF	29,72	20,32	44,82	60,76	65,26	16,3	0,3556	<0,0001	0,0033	0,3450
NDT	49,67	50,77	47,43	63,69	65,50	6,0	0,0002	0,0061	0,0005	0,4120

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

As concentrações de NUS, tanto antes como depois do fornecimento de suplementos, foram elevadas ($P<0,10$) pela suplementação com nitrogênio, mas não foram afetadas ($P>0,10$) pela suplementação com amido (Tabela 6).

A produção absoluta de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (NMIC; g/dia) não foi afetada ($P>0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados, mas foi ampliada ($P<0,10$) pela suplementação com amido. Em contrapartida, a produção relativa de compostos nitrogenados microbianos (NMICR; g N microbiano/g N ingerido) não foi afetada ($P>0,10$) pela suplementação com amido, mas foi reduzida ($P<0,10$) pela suplementação com compostos nitrogenados. Nenhum dos fatores estudados afetou a eficiência de síntese microbiana ruminal (EFM), cujo valor médio observado foi de 159,6 g PB microbiana/kg NDT (Tabela 6).

Efeitos do fornecimento adicional de nitrogênio aos animais suplementados com amido e compostos nitrogenados somente foram verificados sobre a concentração de NAR e sobre BN. Em ambos os casos, o suprimento adicional de nitrogênio ampliou ($P<0,10$) as estimativas obtidas (Tabela 6).

Embora a suplementação com amido tenha causado reduções sobre as estimativas da taxa comum de latência e degradação da FDN, nenhum efeito significativo ($P>0,10$) foi verificado (Tabela 7).

Os tratamentos afetaram significativamente ($P<0,10$) o trânsito ruminal de partículas, cujo efeito mais proeminente sobre a estimativa do parâmetro γ foi verificado por intermédio do incremento causado pela suplementação exclusiva com amido. As estimativas do parâmetro τ não foram afetadas ($P>0,10$) pelos tratamentos (Tabela 8).

A fração efetivamente degradada da FDN (FED) manteve-se praticamente estável em relação ao controle com a suplementação isolada com compostos nitrogenados. Contudo, esta foi deprimida pela suplementação com amido. A suplementação conjunta com amido e compostos nitrogenados também resultou em depressão de FED; sendo, contudo, menos intensa em comparação à suplementação exclusiva com amido (Tabela 9).

Tabela 6 - Médias, coeficientes de variação (CV) e níveis descritivos de probabilidade para contrastes (Valor-P) para o pH ruminal, concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR – mg/dL), consumo de nitrogênio (CN – g/dia), excreção fecal de nitrogênio (EFN – g/dia), excreção urinária de nitrogênio (EUN – g/dia), balanço aparente de compostos nitrogenados absoluto (BN – g/dia) e relativo (BNR - g/g nitrogênio ingerido), concentrações séricas de nitrogênio uréico antes (NUSa – mg/dL) e depois da suplementação (NUSd – mg/dL), fluxos intestinal de compostos nitrogenados microbianos absoluto (NMIC – g/dia) e relativo (NMICR - g /g nitrogênio ingerido) e eficiência de síntese microbiana (EFM – g PB microbiana/kg de NDT) em função dos diferentes tratamentos

Item	Tratamentos ¹					CV(%)	Valor-P ²			
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC		N	A	N × A	ADIC
pH	6,53	6,54	6,53	6,53	6,52	3,3	0,9672	>0,9999	0,9672	0,9420
NAR	5,57	17,20	5,61	11,14	14,61	22,6	<0,0001	0,0173	0,0162	0,0438
CN	89,2	115,6	104,7	164,2	180,6	16,8	0,0017	0,0106	0,1407	0,2661
EFN	40,8	37,4	52,8	45,9	43,8	14,5	0,1125	0,0053	0,5649	0,5947
EUN	36,9	44,2	31,3	47,1	34,9	29,3	0,0542	0,7996	0,4427	0,1179
BN	11,5	34,0	20,6	71,2	102,0	43,0	0,0037	0,0407	0,1872	0,0422
BNR	0,11	0,29	0,16	0,43	0,56	43,7	0,0061	0,1638	0,5142	0,1616
NUS a	10,4	16,2	8,9	16,2	16,6	15,5	<0,0001	0,4728	0,4067	0,8056
NUS d	13,3	15,5	9,4	20,2	22,6	32,6	0,0476	0,8741	0,1342	0,5293
NMIC	57,5	57,2	66,8	76,7	73,4	17,3	0,3679	0,0157	0,3328	0,6516
NMICR	0,66	0,51	0,68	0,47	0,42	26,8	0,0242	0,9822	0,6635	0,5686
EFM	166,2	178,9	170,9	148,5	133,7	25,8	0,8091	0,5245	0,3865	0,5849

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² N = efeito da suplementação com compostos nitrogenados. A = efeito da suplementação com amido; N × A = efeito de interação da suplementação com compostos nitrogenados e com amido; ADIC = contraste adicional para verificação do efeito do suprimento adicional de compostos nitrogenados na suplementação conjunta com compostos nitrogenados e amido.

As estimativas de latência discreta (LAG) praticamente não foram alteradas pela suplementação com compostos nitrogenados. Contudo, elevação das estimativas foi verificada com a suplementação com amido, tanto na presença, como na ausência de nitrogênio. No entanto, o fornecimento adicional de nitrogênio reduziu a estimativa desta variável em comparação aos animais suplementados simultaneamente com amido e compostos nitrogenados (Tabela 9).

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹		
	Bp	Ip	λ
C	68,98±2,06	31,04±1,70	0,0739±0,0050
NIT	68,67±2,11	31,33±1,76	0,0777±0,0058
AM	67,59±2,18	32,41±1,94	0,0623±0,0044
NIT + AM	66,34±2,36	33,66±2,09	0,0640±0,0050
ADIC	69,85±2,19	30,15±1,82	0,0705±0,0050
Valor P ³	-	-	0,2381

¹ Bp = fração padronizada potencialmente degradável (%); Ip = fração padronizada indegradável (%); λ = taxa comum de latência e degradação (h⁻¹). ² C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ³ Nível descritivo de probabilidade relativo à diferença entre tratamentos.

Discussão

Neste estudo não foram verificados efeitos positivos da suplementação com compostos nitrogenados sobre o consumo voluntário de forragem (Tabela 3). Este comportamento corrobora os resultados obtidos por outros autores em condições tropicais ao fornecerem suplementos protéicos a bovinos manejados em pastagens durante o período das águas (Zervoudakis et al., 2008; Costa, 2009; Porto, 2009).

Resultados oriundos de estudos conduzidos no Brasil permitem evidenciar que inclusão de compostos nitrogenados suplementares na dieta de bovinos alimentados com gramíneas tropicais pode ampliar o consumo de compostos da forragem basal até níveis protéicos próximos a 10% (Figueiras et al., 2010; Sampaio et al., 2010). A partir deste nível dietético de PB, as exigências microbianas em termos de compostos nitrogenados seriam atendidas e nenhum estímulo sobre o consumo de material digerido seria mais observado (Detmann et al., 2010), minimizando-se o efeito de enchimento ruminal da forragem basal. Estas pressuposições seriam aplicadas às condições do presente estudo, considerando-se o nível médio de PB da forragem basal (13,49%) e a ausência de efeitos

da suplementação com compostos nitrogenados sobre os consumos de MS digerida, MO digerida e FDNcp digerida (Tabela 3) e sobre a utilização da FDN no ambiente ruminal (Tabelas 7 e 9).

Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros da dinâmica de trânsito da fibra em detergente neutro em função dos diferentes tratamentos

Tratamentos ²	Parâmetro ¹		
	Z	γ	τ
C	129,7±9,1	0,0252±0,0025	3,89±1,25
NIT	133,6±9,0	0,0260±0,0024	4,10±1,15
AM	155,4±9,4	0,0327±0,0025	3,38±0,85
NIT + AM	129,2±9,5	0,0267±0,0026	4,13±1,16
ADIC	144,1±8,1	0,0284±0,0021	4,00±0,88
Valor P ³	-	0,0545	0,9341

¹ Z = parâmetro sem interpretação biológica direta (ppm × h); γ = parâmetro-taxa tempo-dependente relativo ao fluxo ruminal de partículas fibrosas (h⁻¹); τ = tempo de trânsito intestinal (h). ² C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ³ Nível descritivo de probabilidade relativo à diferença entre tratamentos.

A suplementação com amido não alterou o consumo de pasto. Contudo, de forma indireta, pequenos estímulos sobre o consumo de pasto foram observados, uma vez que a suplementação com amido elevou o consumo de PB (P<0,10; Tabela 3). Considerando-se a isenção do amido em termos de compostos nitrogenados (Tabela 1), este pequeno estímulo somente poderia advir da elevação do consumo de pasto, o que foi verificado numericamente, embora sem efeitos significativos (P>0,10; Tabela 3).

Tabela 9 - Estimativas do tempo médio de retenção no rúmen-retículo (TMRR - h), da fração efetivamente degradada da FDN (FEDT - %), fração efetivamente degradada da FDN em relação à FDN potencialmente digestível (FED - %) e da latência discreta para degradação da FDN (LAG - h) em função dos diferentes tratamentos

Parâmetros	Tratamentos ^{1,2}				
	C	NIT	AM	NIT+AM	ADIC
TMRR	79,4	76,9 (96,9)	61,2 (77,1)	47,9 (60,3)	70,4 (88,7)
FEDT	54,54	57,85 (106,1)	49,06 (89,9)	52,46 (96,2)	55,85 (102,4)
FED	83,84	84,24 (100,5)	72,58 (86,6)	79,07 (94,3)	79,96 (95,4)
LAG	3,81	3,63 (95,3)	4,52 (118,6)	4,40 (115,5)	4,00 (104,9)

¹ C = controle; NIT = suplemento nitrogenado; AM = amido; NIT+AM = suplemento nitrogenado + amido; ADIC = suplemento nitrogenado + mistura de amido contendo 15% de PB. ² Os valores entre parênteses indicam o percentual em relação ao controle (sem suplementação).

Este comportamento contradiz resultados de pesquisa obtidos em condições tropicais, nos quais se verificou que a suplementação com CNF para animais em pastejo

durante o período das águas poderia acarretar elevado efeito substitutivo sobre o consumo de pasto (Detmann et al., 2001b; Costa, 2009). Adicionalmente, a suplementação isolada com amido pode reduzir a utilização da FDN no ambiente ruminal, como verificado neste estudo considerando-se a redução em FED (Tabela 9) e no coeficiente de digestibilidade total da FDNcp (Tabela 4). Isto elevaria o efeito de enchimento ruminal da FDN e implicaria redução do consumo voluntário de forragem (Detmann et al., 2010).

Contudo, ao menos duas características parecem estar associadas à ausência de efeitos negativos da suplementação com amido sobre o consumo de pasto. Em primeiro lugar, verificou-se elevação da taxa de passagem (Tabela 8) e, conseqüentemente, redução do tempo médio de retenção ruminal da fibra (Tabela 9) com a suplementação com amido. Este efeito tem sido relatado por outros autores (Souza et al., 2010) e parece estar associado a incrementos na taxa de passagem de líquidos, elevando indiretamente a passagem do material fibroso (Detmann et al., 2005a). Nesta situação, a maior passagem propiciaria equilíbrio em relação à queda na degradação da fibra, anulando os efeitos negativos da suplementação com amido com relação ao efeito de enchimento ruminal da fibra insolúvel.

Por outro lado, a forragem pastejada durante o período das águas deve ser inicialmente investigada como dieta, principalmente no tocante à sua capacidade de fornecimento de energia e proteína de acordo com as exigências globais do animal. Nestas situações, o equilíbrio dietético poderia ser afetado por suplementos essencialmente energéticos, uma vez que poderiam elevar a razão energia metabolizável:proteína metabolizável na dieta (Detmann et al., 2010), o que conduziria o animal ao desconforto (Illius & Jessop, 1996) e, conseqüentemente, à redução no consumo de forragem (Detmann et al., 2010). Contudo, o nível de PB da forragem neste estudo situou-se acima dos patamares normalmente observados em pastos tropicais durante o período das águas (média de 9,42% relatada por Detmann et al., 2010). Assim, nas condições do presente estudo, a suplementação energética causaria menor interferência sobre a relação energia:proteína na dieta, o que levaria à ausência de efeitos negativos sobre o consumo de forragem. Isto é reforçado verificando-se a similaridade nos níveis de PB na dieta dos animais não suplementados e suplementados exclusivamente com amido (12,7 e 12,6%, com base na MS; Tabela 3).

De forma geral, os efeitos da suplementação sobre os coeficientes de digestibilidade se mostraram essencialmente interativos (Tabelas 4 e 5). Considerando-se a digestibilidade da FDNcp, verificou-se que a suplementação nitrogenada não causou

efeitos positivos, o que reflete o fato de a forragem basal não apresentar limitações no tocante à disponibilidade de compostos nitrogenados para o crescimento dos microrganismos fibrolíticos, o que é reforçado pelas estimativas dos parâmetros de degradação da FDN (Tabelas 7 e 9).

Adicionalmente, a suplementação exclusiva com amido deprimiu o coeficiente de digestibilidade da FDNcp (Tabela 4). Isto reflete o fato de a inclusão carboidratos prontamente fermentáveis favorecer as bactérias fermentadoras de CNF 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., 2009; Zorzi et al., 2009), de menor taxa de crescimento e, conseqüentemente, menor capacidade competitiva (Carvalho et al., 2011). Contudo, com a suplementação conjunta, os efeitos deletérios da suplementação com amido foram anulados, indicando que o fornecimento de compostos nitrogenados minimizou os eventos de competição no ambiente ruminal, tornando a estimativa do coeficiente de digestibilidade da FDNcp similar à verificada em animais não suplementados (Tabela 4).

Por outro lado, verificou-se que o coeficiente de digestibilidade dos CNF foi potencializado quando compostos nitrogenados e amido foram fornecidos conjuntamente (Tabela 4), o que indica que ambos os compostos podem ter agido mutuamente no tocante à sua utilização no ambiente ruminal (Nocek & Russell, 1988). Nestas condições, o amido permitiria melhor assimilação microbiana do nitrogênio suplementar, o que é indiretamente percebido pela redução da concentração de NAR em relação aos animais suplementados exclusivamente com nitrogênio (Tabela 4). Adicionalmente, embora a produção microbiana (NMIC) tenha sido incrementada somente pela suplementação com amido, percebe-se que o valor observado com a suplementação conjunta mostrou-se superior àqueles observados com a suplementação isolada com nitrogênio ou amido (Tabela 6). Reciprocamente, o efeito de interação sobre os coeficientes de digestibilidade dos CNF reflete o fato de a suplementação com compostos nitrogenados ter permitido melhor utilização da energia oriunda do amido no ambiente ruminal, comportamento relatado por outros autores em condições tropicais (Souza et al., 2010).

Somando-se a anulação dos efeitos sobre o coeficiente de digestibilidade da FDNcp e a potencialização da digestibilidade dos CNF, verificou-se que a suplementação conjunta

acarretou maiores coeficientes de digestibilidade da MS e da MO e ampliação dos níveis dietéticos de NDT, culminando em maior consumo de energia (Tabela 4).

O BN foi ampliado tanto pela suplementação com compostos nitrogenados, como pela suplementação com amido (Tabela 6). Neste último caso, a ampliação na retenção de compostos nitrogenados no organismo animal reflete diretamente a ampliação na produção microbiana no rúmen com o fornecimento de amido (Tabela 6), o que eleva o suprimento de proteína metabolizável.

Contudo, os efeitos positivos sobre BN foram mais proeminentes considerando-se a suplementação com compostos nitrogenados, mesmo sem efeitos sobre a produção microbiana no rúmen (Tabela 6), o que indica efeitos indiretos associados à demanda de nitrogênio pelo ambiente ruminal e à transferência de uréia via reciclagem (Costa, 2009; Detmann et al., 2010).

Entre vários mecanismos envolvidos na regulação da transferência de uréia para o rúmen, a concentração de NAR assume papel fundamental (NRC, 1985; Huntington & Arquibeque, 2000; Marini & Van Amburgh, 2003), em que animais com baixa concentração de NAR terão maior taxa de transferência de uréia da corrente sanguínea para o ambiente ruminal. Segundo Kennedy & Milligan (1978), a máxima transferência de uréia para o rúmen em bovinos é obtida com 5 a 8 mg NAR/dL. Observando-se a concentração de NAR nos animais não suplementados (5,57 mg/dL), entende-se que parte da proteína metabolizável pode estar sendo direcionada ao fígado para a síntese de uréia e posterior provimento de NAR para o rúmen, evitando que a mesma seja retida na forma de tecido (Detmann et al., 2010).

Com a suplementação com compostos nitrogenados, a demanda de uréia pelo rúmen é reduzida, uma vez que os níveis de NAR foram incrementados a valores acima dos associados à máxima transferência (Tabela 4). Assim, o deslocamento de compostos nitrogenados do metabolismo intermediário para a manutenção do ambiente ruminal seria reduzido (Costa, 2009; Detmann et al., 2010), acarretando elevação em BN com a suplementação com compostos nitrogenados (Tabela 6). Este comportamento corrobora a afirmativa de Detmann et al. (2005a), os quais relataram que os efeitos diretos da suplementação com compostos nitrogenados durante o período das águas seriam de natureza metabólica.

Mesmo sem efeitos interativos ($P>0,10$), verificou-se que as estimativas de BN e BNR foram potencializadas pela suplementação conjunta com amido e compostos nitrogenados (Tabela 6).

Em animais ruminantes, a eficiência de deposição de proteína depende da suplementação energética, assim como a eficiência de uso da energia no metabolismo depende da disponibilidade de aminoácidos (Scales et al., 1974; Schroeder & Titgemeyer, 2008). Assim, mesmo havendo redução na demanda ruminal por uréia, a proteína metabolizável não seria adequadamente retida no organismo por provável deficiência de energia. Desta forma, a proteína metabolizável em excesso relativo à disponibilidade de energia seria eliminada, o que ampliaria as perdas urinárias de nitrogênio, como verificado neste trabalho (Tabela 6) e no Capítulo 1 desta Tese em experimento conduzido durante o período da seca. Nestas condições, a inclusão de amido suplementar proveria energia (Tabela 4) para melhor retenção da proteína metabolizável, culminando com a elevação do BN (Tabela 6). Desta forma, confirma-se que a deposição de tecido corporal corresponde a processo interativo, no qual as eficiências de uso da energia e da proteína metabolizável estão inter-relacionadas (Schroeder & Titgemeyer, 2008).

A inclusão do tratamento adicional teve por objetivo verificar se suprimento adicional de compostos nitrogenados poderia exercer efeito benéfico sobre o desempenho nutricional dos animais suplementados simultaneamente com amido e nitrogênio (Tabela 2).

Como verificado no Capítulo 1 desta Tese, o fornecimento adicional de compostos nitrogenados durante o período da seca incrementa a produção microbiana ruminal, o que reflete redução na competição entre espécies microbianas no rúmen. Contudo, devido ao elevado teor de PB da forragem basal, o suprimento adicional de PB não exerceu efeitos significativos sobre as características de consumo e digestibilidade (Tabelas 3 e 5).

No entanto, incremento foi verificado sobre o BN (Tabela 6). Segundo Detmann et al. (2010), a suplementação com compostos nitrogenados durante o período das águas propiciaria efeitos positivos sobre o balanço de compostos nitrogenados no rúmen até que concentrações de NAR de aproximadamente 13 mg/dL fossem atingidas. O fornecimento adicional de compostos nitrogenados para animais suplementados com nitrogênio e amido elevou a concentração de NAR para patamares acima daquele descrito acima (11,14 para 14,61 mg/dL). Desta forma, a suplementação adicional com compostos nitrogenados pode ter atuado diretamente reduzindo a transferência de nitrogênio para o rúmen, o que ocasionou a elevação no BN (Tabela 6).

Este comportamento agrega a aspectos anteriormente relevados no Capítulo 1 desta Tese, gerando-se perspectivas de que estudos de nutrição de ruminantes em pastejo possam ser conduzidos avaliando-se modificações na composição dos suplementos visando-se à

utilização de aspectos interativos metabólicos causados pelos compostos nitrogenados e energéticos suplementares.

Conclusão

A suplementação com amido e compostos nitrogenados para bovinos mantidos a pasto durante o período das águas, considerando-se forragem com alto teor de proteína bruta, confere efeito interativo potencializando a digestão da matéria seca e o consumo de energia. Efeitos indiretos envolvendo aspectos metabólicos são observados, entre os quais se destaca a ampliação da retenção de nitrogênio no organismo animal.

Referências Bibliográficas

- CARVALHO, I.P.C.; DETMANN, E.; MANTOVANI, H.C.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; COSTA, V.A.C.; GOMES, D.I. *In vitro* growth and antimicrobial activity of lactic acid bacteria from rumen fluid according to energy or nitrogen source. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2011 (no prelo).
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of the technical details**. Buchsburnd Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; CAMPOS, J.M.S.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1813-1821, 2006.
- COSTA, V.A.C. **Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período das águas com suplementação protéica ou protéico-energética**. 2009. 90f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- COSTA, V.A.C.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T.; MANTOVANI, H.C. Degradação *in vitro* da fibra em detergente neutro de forragem tropical de alta qualidade em função da suplementação com proteína e/ou carboidratos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1803-1811, 2009.

- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, p. 980-984, 2010.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; EUCLYDES, R.F.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1600-1609, 2001a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, D.S. Suplementação de novilhos mestiços durante a época das águas: parâmetros ingestivos e digestivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1340-1349, 2001b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; CECOM, P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1380-1391, 2005a.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; CECOM, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; LEÃO, M.I.; LANA, R.P.; PONCIANO, N.J. Níveis de proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: consumo voluntário e trânsito de partículas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1371-1379, 2005b.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6, 2008, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 2008. p.21-52.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; 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.
- ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M.; MURPHY, M.R. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forages. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- 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.
- HUHTANEN, P. The effects of intraruminal infusions of sucrose and xylose on the nitrogen and fiber digestion in the rumen of cattle receiving diets of grass silage and barley. **Journal of Agriculture Science in Finland**, v.59, p.101-120, 1987.
- ILLIUS, A.W.; JESSOP, N.S. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, p.3052-3062, 1996.

- HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1x-11x, 2000.
- KENNEDY, M.P.; MILLIGAN, L.P. The effects of dietary sucrose and the concentrations of plasma urea and rumen ammonia on the degradation of urea in the gastrointestinal tract of cattle. **British Journal of Nutrition**, v.43, p.125-140, 1980.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.
- MARINI, J.C.; Van AMBURGH, M.E. Nitrogen metabolism and recycling in Holstein heifers. **Journal of Animal Science**, v.81, p.545-552, 2003.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MOULD, F.L.; ØRSKOV, E.R.; MANNS, O. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. **Animal Feed Science and Technology**, v.10, p.15-30, 1983.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, DC: Academic Press, 1985. 138p.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.
- ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed in weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- 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: SIMFOR, 2008. p.131-169.
- PORTO, M.O. **Suplementos múltiplos para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *Brachiaria decumbens***. 2009. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e identidade de modelos de regressão não-linear. **Ceres**, v.50, p.9-26, 2003.
- ROOKE, J.A.; LEE, N.H.; ARMSTRONG, D.G. The effects of intraruminal infusions of urea, casein, glucose syrup and a mixture of glucose syrup and casein on nitrogen digestion in the rumen of cattle receiving grass silage diets. **British Journal of Nutrition**, v.57, p. 89-98, 1987.
- SAMPAIO, C.B.; DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; SOUZA, M.A.; LAZZARINI, I.; PAULINO, P.V.R.; QUEIROZ, A.C. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Tropical Animal Health and Production**, v.42, p.1471-1479, 2010.

- SCALES, G.H.; DENHAM, A.H.; STREETER, C.L.; WARD, G.M. Winter supplementation of beef calves on sand hill range. **Journal of Animal Science**, v.38, p.442-448, 1974.
- 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.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de alimentos**. Métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- 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.
- TITGEMEYER, E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J.; GREENWOOD, R.H.; LEST, C.A. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.
- UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; Van SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.31, p.625-632, 1980.
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: DZO-UFV, 1995. p.355-388.
- Van MILGEN, J.; MURPHY, L.L.; BERGER, L.L. A compartmental model to analyze ruminal digestion. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.2515-2529, 1991.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.
- VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, J.C.; MALAFAIA, P.A.M.; QUEIROZ, A.C. Application of non-linear models in the description of in situ degradation profiles of the elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum. Mineiro variety). **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p.197-210, 1997.
- WALDO, D. R.; SMITH, L. W.; COX, E. L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agricultural Science**, v.59, p.381-385, 1962.
- ZERVOUDAKIS, J.T.; PAULINO, M.F.; CABRAL, L.S.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. Suplementos múltiplos de autocontrole de consumo na recria de novilhos no período das águas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.1968-1973, 2008.
- ZORZI, K.; DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; MANTOVANI, H.C.; BAYÃO, G.F. *In vitro* degradation of neutral detergent fiber of high-quality tropical forage according to supplementation with different nitrogenous compounds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.964-971, 2009.