



Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana¹

Maria Andréa Borges Cavalcante², Odilon Gomes Pereira³, Sebastião de Campos Valadares Filho³, Karina Guimarães Ribeiro⁴, Leonardo Bruno B. Pacheco⁵, Diogo Araújo⁵, Vinicius Manoel C. Lemos⁵

¹ Parte da tese de Doutorado da primeira autora apresentada à UFV.

² Bolsista de Desenvolvimento Científico Regional/CNPq do Depto. de Zootecnia da UFC, Depto. de Zootecnia, Bl. 809, Campus do Pici, Fortaleza-CE.

³ Departamento de Zootecnia - UFV.

⁴ Departamento de Zootecnia - FAFEID, Diamantina-MG.

⁵ Graduação em Agronomia - UFV.

RESUMO - Avaliaram-se o pH e a concentração de amônia ruminal (N-amoniaco), a taxa de passagem, o balanço de compostos nitrogenados e a produção de proteína microbiana em novilhos Holandês x Zebu alimentados com dietas contendo quatro níveis de proteína bruta (10,5; 12; 13,5 e 15%), com base na matéria seca. As dietas foram constituídas de 65% de feno de capim-tifton 85 e 35% de concentrado. Foram utilizados quatro bovinos castrados fistulados no rúmen e abomaso, com peso vivo médio inicial de 487,3 kg, distribuídos em um quadrado latino 4 x 4. Cada período experimental teve duração de 20 dias: dez para adaptação às dietas e dez para coletas. O pH e N-amoniaco foram mensurados no fluido ruminal imediatamente antes e 2, 4, 6 e 8 horas, após o fornecimento da dieta. A taxa de passagem foi determinada pelo modelo unicompartmental, utilizando-se óxido de cromo como indicador. Para determinação da produção de proteína microbiana, utilizaram-se as bases purinas (RNA) no abomaso como indicador microbiano. A concentração de amônia e o pH ruminal foram influenciados pelos tempos de coleta, estimando-se valores máximos de 17,43 e 6,54 mg/dL, às 3,62 e 4,17 horas após a alimentação, respectivamente. A taxa de passagem da digesta não foi afetada pelas dietas, registrando-se valor médio de 3,69%/h. Os fluxos de compostos nitrogenados no abomaso e a eficiência de síntese microbiana também não foram afetados pelos níveis de proteína bruta das dietas, ao passo que o balanço de nitrogênio, expresso em g/dia, aumentou linearmente com o incremento de proteína bruta.

Palavras-chave: eficiência de síntese microbiana, nitrogênio amoniaco, pH ruminal, taxa de passagem

Crude protein levels on beef cattle diets: ruminal metabolism, nitrogen balance, and microbial protein synthesis

ABSTRACT - The objective of this trial was to investigate the effects of different dietary crude protein levels (10.5, 12, 13.5, and 15%) on ruminal pH, ruminal concentration of ammonia nitrogen, ruminal passage rate, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in Holstein x Zebu steers. Diets contained 65% of Tifton 85 bermudagrass hay and 35% of concentrate. Four castrated steers averaging 487.3 kg of initial body weight and fitted with ruminal and abomasal cannulas were randomly assigned to a 4 x 4 Latin square design. Each experimental period lasted 20 days with 10 days for diet adaptation and 10 days for sample collection. Ruminal fluid was collected before (0 h) and at 2, 4, 6 and 8 h after feeding for determination of both ruminal pH and ammonia-N. Ruminal passage rate was determined according to a unicompartmental model using chromic oxide as the external marker while abomasal purine bases (RNA) were used as the internal markers for measuring microbial protein synthesis. Ruminal pH and ammonia-N concentration were affected by sampling time with measured maximum values of 6.54 and 17.43 mg/dL at 3.62 and 4.17 h after feeding, respectively. Digesta passage rate did not differ significantly averaging 3.69 %/h across diets. Similarly, abomasal flow of N compounds as well as microbial efficiency were not affected by different dietary crude protein levels while nitrogen balance expressed in g/day increased linearly when the crude protein content increased from 10.5% to 15% in the diet.

Key Words: microbial efficiency, ammonia nitrogen, ruminal pH, passage rate

Introdução

A proteína, seguida da energia, é o nutriente mais exigido pelos ruminantes. As exigências protéicas dos ruminantes são atendidas mediante a absorção intestinal de

aminoácidos provenientes, principalmente, da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não-degradada no rúmen (Valadares Filho & Valadares, 2001).

A quantidade de nitrogênio (N) ingerida presente no duodeno pode ser influenciada por fatores como: teor e

solubilidade da proteína da dieta; fontes de N de origem endógena; quantidade de matéria orgânica digestível da dieta; tratamento ao qual a proteína dietética foi submetida antes da alimentação; e absorção de N pelo rúmen, principalmente na forma amoniacal (Hoover & Stokes, 1991).

O crescimento microbiano no ambiente ruminal é função de componentes químicos, fisiológicos e nutricionais. Para Hoover & Stokes (1991), o pH e a taxa de passagem constituem os principais componentes químicos e fisiológicos modificadores da fermentação ruminal e são afetados pela composição química dos ingredientes da dieta, pelo nível de consumo, pela frequência de alimentação, pela qualidade da forragem, pelo tamanho de partícula e pela relação volumoso:concentrado.

Para a maioria dos microrganismos, o valor ótimo de pH varia entre 6 e 7, com atividade máxima no pH próximo de 6,5 (Coelho da Silva & Leão, 1979). Grant & Mertens (1992) sugeriram o valor de 6,2 como ideal para o crescimento microbiano, mas, de modo geral, quando o pH é mantido abaixo de 6,0, ocorre redução da síntese de proteína microbiana e da digestibilidade da fibra (Hoover, 1986).

A determinação da concentração de amônia ruminal permite avaliar o balanceamento da energia com a proteína da dieta. Altas concentrações de amônia estão associadas ao excesso de proteína degradada no rúmen e/ou à baixa concentração de carboidratos degradados no rúmen (Ribeiro et al., 2001). Os resultados sobre a concentração mínima de amônia ruminal, para não limitar a síntese microbiana, são divergentes. Há relato na literatura de que 5 mg/dL de N-NH₃, em condições *in vitro*, são suficientes (Satter & Slyter, 1974). Por outro lado, o excesso de nitrogênio amoniacal formado no rúmen, além de acarretar toxicidade, constitui desperdício energético.

Os compostos nitrogenados totais presentes no abomaso são constituídos de compostos nitrogenados amoniacais e não-amoniacais. Os compostos nitrogenados não-amoniacais representam a maior parte dos compostos nitrogenados totais, variando de 34 a 89%, incluindo o nitrogênio proveniente da dieta e o N microbiano, além de pequena fração de proteína endógena, constituída principalmente pela descamação de células epiteliais e de secreção abomasal (Clark et al., 1992).

A proteína microbiana que alcança o intestino delgado depende da eficiência de produção microbiana e do fluxo microbiano. A eficiência microbiana é função da massa microbiana e do substrato disponíveis para fermentação no rúmen, da composição e da taxa de fermentação do substrato e de fatores relativos ao ambiente ruminal, enquanto o fluxo microbiano está relacionado ao tamanho de partícula, ao volume e à taxa de passagem no rúmen (Sniffen & Robinson,

1987; Polan, 1988). Os dois substratos que mais limitam a síntese de proteína microbiana no rúmen são carboidratos e proteína. Talvez pelo fato de a eficiência microbiana ser limitada pelo aporte energético da dieta, as formas de expressá-la normalmente estão relacionadas à quantidade de carboidratos (CHODR) e/ou matéria orgânica degradada no rúmen (MODR), conforme Nocek & Russel (1988), ou em relação ao consumo de NDT (NRC, 1996). Segundo Clark et al. (1992), o aumento da passagem de compostos nitrogenados microbianos para o intestino delgado pode ser atribuído, parcialmente, à maior quantidade de energia, fornecida pela maior quantidade de MODR.

Este estudo foi realizado objetivando-se avaliar o pH e a concentração de amônia ruminal, a taxa de passagem, o balanço de compostos nitrogenados e a produção de proteína microbiana em novilhos mestiços Holandês x Zebu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET), da Universidade Federal de Viçosa, no período de julho a outubro de 2001. A CEPET localiza-se no município de Capinópolis, na Região do Pontal do Triângulo Mineiro do Estado de Minas Gerais, com altitude média de 620,2 m, latitude sul de 18,41° e longitude oeste de 49,34°. O clima é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, quente e úmido, com temperatura do mês mais frio acima de 18°C, estação chuvosa no verão e seca no inverno. Apresenta precipitações médias anuais entre 1.400 e 1.600 mm.

Foram utilizados quatro bovinos mestiços Holandês x Zebu, castrados, com peso vivo inicial de 487 kg ± 54,5, fistulados no rúmen e no abomaso, distribuídos em um quadrado latino 4 x 4, composto por quatro tratamentos e quatro períodos experimentais. Os tratamentos consistiram de dietas com níveis crescentes de proteína bruta (10,5; 12; 13,5 e 15% na MS total), constituídas de 65% de feno de capim-tifton 85 (*Cynodon* spp.) e 35% de concentrado.

O feno de capim-tifton 85 foi cortado com uma segadeira de barra, a 5 cm do solo, quando o capim se encontrava no estágio de florescimento pleno. O enfardamento foi realizado no início da tarde do dia seguinte ao corte, utilizando-se uma enfardadeira para fardos redondos. Antes de ser fornecido aos animais, procedeu-se à picagem do feno em uma máquina utilizada para confecção de pré-secado, com regulagem para partículas de aproximadamente 6 mm de comprimento.

As proporções dos ingredientes nas dietas e a composição bromatológica dos alimentos e das dietas encontram-se, respectivamente, nas Tabelas 1, 2 e 3.

As dietas com 10,5; 12; 13,5 e 15% de PB (Tabela 1) continham níveis de uréia de 0,71; 0,87; 1,03 e 1,19% na MS, respectivamente, que corresponderam, nos concentrados, aos teores de 1,99; 2,44; 2,88 e 3,33% de PB de PB,

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes nas dietas, com base na MS (%)

Table 1 - Ingredient composition on dry matter basis (%)

Ingrediente Ingredient	Nível de PB (%) CP level (%)			
	10,5	12	13,5	15
Feno de capim-tifton 85 Tifton 85 bermudagrass hay	65,00	65,00	65,00	65,00
Fubá de milho Ground corn	28,37	25,11	21,84	18,82
Farelo de algodão Cottonseed meal	5,14	8,22	11,31	14,16
Uréia Urea	0,71	0,87	1,03	1,19
Sulfato de amônia Ammonium sulfate	0,08	0,10	0,12	0,13
Cloreto de sódio Sodium chloride	0,31	0,31	0,31	0,31
Fosfato bicálcico Dicalcium phosphate	0,28	0,28	0,28	0,28
Calcário calcítico Calcite limestone	0,08	0,08	0,08	0,08
Premix mineral ¹ Mineral premix	0,03	0,03	0,03	0,03

¹ Composição (%): sulfato de cobre (22,50), sulfato de cobalto (1,40) sulfato de zinco (75,40), iodato de potássio (0,50), selenito de sódio (0,20).

¹ Composition: cupre sulfate (22.50), cobalt sulfate (1.40), zinc sulfate (75.40), potassium iodate (0.50), sodium selenite (0.20).

Tabela 2 - Teores de MS, MO, PB, NNP, NIDA, NIDN, EE, FDN, FDNcp, CNF, CNF calculados com a FDNcp (CNFcp), FDA e Lig dos concentrados e do feno, com base na MS (%)

Table 2 - Contents of DM, OM, CP, NPN, ADIN, NDIN, EE, NDF, NDFap, NFC, NFC computed with NDFap (NDFap), ADF, and Lig of the concentrates and hay on DM basis (%)

Item Item	Concentrado Concentrates				Feno Hay
	1	2	3	4	
MS (DM)	90,31	90,53	90,63	90,59	86,13
MO (OM)	93,70	93,63	93,59	93,23	93,36
PB (CP)	19,66	23,76	28,30	32,39	5,61
NNP (NPN) ¹	38,06	33,79	32,78	32,67	31,10
NIDA (ADIN) ¹	4,69	4,40	4,20	4,05	31,13
NIDN (NDIN) ¹	6,98	6,87	6,02	5,52	50,81
EE (EE)	4,06	3,79	3,53	3,28	1,12
FDN (NDF)	12,88	13,82	14,12	15,03	84,70
FDNcp (NDFap)	11,85	13,11	13,60	14,21	81,97
CNF (NFC)	59,62	55,73	54,38	47,67	4,75
CNFcp (NFCap)	61,76	57,45	55,74	50,12	6,58
FDA (ADF)	6,48	7,90	8,36	9,99	43,30
Lignina (Lignin)	1,57	2,18	1,80	2,44	6,86

¹ % do nitrogênio total (% of the total nitrogen).

Tabela 3 - Teores de MS, MO, PB, NNP, NIDA, nitrogênio NIDN, EE, FDN, FDNcp, CNF, CNF calculados com a FDNcp (CNFcp), FDA e Lig das dietas, expressos com base na MS (%)

Table 3 - Contents of DM, OM, CP, NPN, ADIN, NDIN, EE, NDF, NDF corrected for ashes and protein (NDFap), NFC, NFC computed with NDFap (NFCap), ADF, and Lig of the diets on DM basis (%)

Itens Items	Nível de PB (%) CP level (%)			
	10,5	12	13,5	15
MS (DM)	87,59	87,67	87,71	87,69
MO (OM)	93,48	93,45	93,44	93,31
PB (CP)	10,53	11,96	13,55	14,98
NNP (NPN) ¹	33,54	32,04	31,69	31,65
NIDA (ADIN) ¹	21,88	21,77	21,70	21,65
NIDN (NDIN) ¹	35,47	35,43	35,13	34,96
EE (EE)	2,15	2,05	1,96	1,88
FDN (NDF)	59,56	59,89	60,00	60,32
FDNcp (NDFap)	57,43	57,87	58,22	58,25
CNF (NFC)	23,95	22,59	22,12	19,77
CNFcp (NFCap)	25,89	24,38	23,79	21,82
FDA (ADF)	30,41	30,91	31,07	31,64
Lignina (Lignin)	5,01	5,22	5,09	5,31

¹ % do nitrogênio total (% of the total nitrogen).

de modo que a relação entre o teor de PB proporcionado pelos demais ingredientes dos concentrados e a uréia foi de, aproximadamente, 8,79.

Os animais foram mantidos em baias individuais (10 m²) providas de comedouros e bebedouros. A alimentação foi fornecida à vontade, duas vezes ao dia, às 7 e 15 h, de forma a permitir 10% de sobras.

Cada período experimental teve duração de 20 dias: dez dias para adaptação às dietas; seis para coletas das amostras de fezes, de digestas de abomaso, de alimentos fornecidos e de sobras; um para a coleta de líquido ruminal, para determinação do pH e da concentração de amônia ruminal; um dia para a coleta total de urina, em 24 horas; e dois dias para a coleta do conteúdo ruminal, para estimativa da taxa de passagem. Os animais foram pesados ao início e ao final de cada período experimental.

As análises dos teores de MS, MO, CNT, FDA, EE e LIG foram realizadas conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). O teor de FDN foi determinado segundo o método da autoclave proposto por Pell & Schofield (1993).

Os teores dos compostos nitrogenados não-protéicos (NNP), e dos nitrogenados insolúveis em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA) foram determinados de acordo com Licitra et al. (1996).

Os carboidratos totais (CHO) foram calculados segundo metodologia da Universidade de Cornell, descrita por Sniffen et al. (1992): %CHO = 100 - (%PB + %EE + %cinzas).

Em razão da presença de uréia nas dietas, os carboidratos não-fibrosos (CNF) dos concentrados foram calculados

conforme sugerido por Hall (2000), em que $\%CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \% \text{ de uréia}) + \%EE + \%FDN + \%cinzas]$.

O pH foi determinado em amostras de 50 mL de fluido ruminal nos tempos antes e 2; 4; 6 e 8 horas após a alimentação, utilizando-se peagâmetro digital. Para análise das concentrações de amônia ruminal, após a leitura de pH, adicionou-se 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1:1 a cada amostra, acondicionando-as, em seguida, em congelador a $-15^\circ C$. Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas à temperatura ambiente, procedendo-se à determinação das concentrações de amônia ruminal ($N-NH_3$), mediante destilação com hidróxido de potássio (KOH) 2N, conforme técnica descrita por Fenner (1965), adaptada por Vieira (1980).

As amostras de urina, em cada período experimental, foram obtidas a partir de coletas em 24 horas, utilizando-se funis adaptados aos animais. Mangueiras de PVC conectadas aos funis conduziram a urina até recipientes plásticos tampados contendo 250 mL de solução de H_2SO_4 à 40%. Após a coleta, filtrou-se a urina utilizando-se gaze cirúrgica e determinou-se o volume total de urina produzida. As amostras foram homogeneizadas, retirando-se alíquotas de 50 mL, que foram devidamente identificadas e armazenadas a $-15^\circ C$ para posteriores análises de N total.

Os compostos nitrogenados não-amoniacais (NNA) na digesta de abomaso foram obtidos pela diferença entre o N total e o N amoniacal ($N-NH_3$). O $N-NH_3$ foi determinado nas amostras *in natura* da digesta de abomaso, conforme técnica descrita por Fenner (1965), adaptada por Vieira (1980).

Nos dois últimos dias de cada período experimental, após o fornecimento de 20 g de óxido crômico, coletaram-se amostras de digesta ruminal de cada animal, imediatamente antes e nos tempos 3; 6; 9; 12; 24; 36 e 48 horas após o fornecimento do indicador, para determinação da taxa de passagem. As amostras foram colocadas em potes de PVC e secas em estufa de ventilação forçada a $60-65^\circ C$, por 72 horas. Posteriormente, foram processadas em moinho de facas tipo "Willey", com peneira de crivos de 1 mm, e acondicionadas em vidros, para posteriores análises dos teores de matéria seca e cromo.

O teor de cromo nas fezes foi determinado segundo Williams et al. (1962), utilizando-se o espectrofotômetro de absorção atômica. A taxa de passagem (k) foi calculada utilizando-se o modelo: $y = a e^{-kt}$, em que y é a concentração do indicador no tempo t após o seu fornecimento e a , a concentração do indicador no tempo zero (Czerkawski, 1986). A taxa de passagem (Kp) foi estimada, ainda, por meio das equações preconizadas pelo NRC (2001) para o volumoso:

$Kp = 3,362 + 0,479X_1 - 0,007X_2 - 0,017X_3$, sendo X_1 o consumo de MS, em % do PV; X_2 , a proporção de concentrado na dieta, em % da MS; e X_3 , a concentração de FDN no alimento, em % da MS, e para o concentrado: $Kp = 2,904 + 1,375X_1 - 0,020X_2$.

Para quantificação da produção de proteína microbiana, utilizaram-se como indicador as bases purinas presentes no abomaso, conforme técnica descrita por Ushida et al. (1985). A quantidade de compostos nitrogenados microbianos presentes no abomaso foi determinada pelo fluxo de N-RNA no abomaso dividido pela relação N-RNA:N-total, descrita por Rennó (2003) como 16,26, expressa em relação à porcentagem de MO. O valor de nitrogênio total adotado para as bactérias isoladas do rúmen também foi aquele reportado por Rennó (2003) igual a 7,56% da MS. A eficiência de síntese microbiana foi calculada de acordo com a MODR, os CHODR e o consumo de NDT, estimado conforme Weiss (1999).

Os dados obtidos foram submetidos às análises de variância e regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1995). Os modelos foram escolhidos utilizando-se como critérios a significância entre tratamentos por meio do teste F, a 5% de probabilidade, e o coeficiente de determinação (r^2), calculado como a relação entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados de tratamentos.

As variáveis pH e concentração de amônia ruminal foram analisadas em um esquema de parcelas subdivididas, em que as dietas constituíram as parcelas e os tempos de coleta, as subparcelas.

Na comparação das médias das taxas de passagem observada e estimada, utilizou-se o teste "t" de Student, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

As médias de pH e das concentrações de amônia ruminais, para cada tempo de coleta, de acordo com os níveis de proteína bruta das dietas, são apresentadas na Tabela 4. O pH não foi influenciado ($P > 0,05$) pelas dietas, pela interação entre dietas ou pelos tempos de coleta, mas observou-se efeito de tempos de coleta, cujos dados ajustaram-se ao modelo quadrático: $\hat{Y} = 6,4282 + 0,05568 * H - 0,00666663 * H^2$ ($R^2 = 0,57$), observando-se pH máximo de 6,54 no tempo de 4,17 horas após a alimentação. Esse resultado pode ser considerado atípico, uma vez que, na literatura, normalmente, estima-se pH mínimo, explicado talvez pelo baixo consumo de MS ou pelo consumo de sobra com maior percentual de concentrado próximo ao primeiro

fornecimento da dieta. Os valores de pH observados para as dietas, que variaram de 6,21 a 6,79, encontram-se na faixa de pH adequado (6,0 a 7,0) para ótimo crescimento microbiano. Para a digestão da fibra, Grant & Mertens (1992) mencionaram que a faixa ideal de pH deve ser próxima de 6,2, de modo que valores de pH inferiores a 6,0 limitam a digestão da fibra, como consequência da redução do número de microrganismos celulolíticos.

A exemplo do pH, a concentração de amônia ruminal foi influenciada ($P < 0,05$) apenas pelos tempos de coleta, cujos dados ajustaram-se à equação: $\hat{Y} = 11,2199 + 3,42012 * H - 0,471116 * H^2$ ($R^2 = 0,78$), estimando-se valor máximo de 17,43 mg/dL de N-NH₃ 3,62 horas após a alimentação, o que não era esperado, pois normalmente a concentração de amônia tende a aumentar com o incremento de PB à dieta, como resultado do alto coeficiente de variação (52,87%) ou do baixo consumo de MS (7,69 kg/dia) (Cavalcante et al., 2004). O valor obtido é superior aos 5 mg/dL de N-NH₃ propostos por Satter & Slyter (1974) e aos 3,3 e 8,0 mg/dL de N-NH₃ sugeridos por Hoover (1986) como necessários para maximização do crescimento microbiano e da digestão da matéria orgânica no rúmen, respectivamente. Rennó (2003) estimou valores máximos de 13,67 e 20,87 mg/dL de N-NH₃, 3,09 e 3,95 horas após a alimentação, em dietas contendo 12 e 15% de PB, respectivamente.

As taxas de passagem calculadas com a utilização do óxido crômico (Cr₂O₃) e estimadas pelas equações do NRC (2001) não foram influenciadas ($P > 0,05$) pelos níveis de proteína bruta das dietas (Tabela 5), apresentando médias de 3,69 e 3,33 %/h, que correspondem, na mesma ordem, aos tempos de 27,10 e 30,03 horas de retenção no rúmen.

Tabela 4 - Médias e coeficientes de variação (CV) para o pH e concentrações de amônia ruminal, de acordo com os tempos de coleta (H) e níveis de proteína bruta das dietas

Table 4 - Means and coefficients of variation (CV) for pH and ruminal ammonia concentrations according to collection times (H) and dietary crude protein levels

Tempo de coleta (hora)	Nível de PB (%)				Nível de PB (%)			
	CP level (%)				CP level (%)			
Collection time (hour)	10,5	12	13,5	15	10,5	12	13,5	15
	pH				Amônia (mg/dL)			
					Ammonia (mg/dL)			
0	6,43	6,39	6,21	6,46	7,51	6,90	9,81	11,56
2	6,68	6,65	6,38	6,79	19,91	22,13	16,20	25,58
4	6,49	6,62	6,49	6,55	14,21	14,55	17,31	20,67
6	6,49	6,44	6,34	6,43	7,53	7,99	12,50	16,61
8	6,36	6,45	6,61	6,58	5,47	11,44	11,11	13,90
Média	6,49	6,51	6,41	6,56	10,93	12,60	13,39	17,66
Mean								
CV (%)	5,04				52,87			

As baixas taxas de passagem encontradas podem ser explicadas pelo baixo consumo de MS pelos animais, confirmado pelas estimativas das taxas de passagem descritas pelo NRC (2001). Segundo essas estimativas, o feno de capim-tifton 85 apresentou taxa de passagem média de 2,82 %/h, enquanto os concentrados das dietas com 10,5; 12; 13,5 e 15% de PB apresentaram, respectivamente, 4,26; 4,34; 4,24 e 4,29 %/h. Ribeiro et al. (2001) encontraram, em fenos de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrotação (28, 35, 42 e 56 dias), valor médio geral de 3,36 %/h.

Constam na Tabela 6 as médias, as equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação e variação para os compostos nitrogenados (N) ingeridos, presentes no abomaso e excretados nas fezes e na urina e o balanço de N em função dos níveis de proteína bruta das dietas. A ingestão de compostos nitrogenados aumentou linearmente ($P < 0,05$) com o incremento de PB nas dietas (Tabela 6), o que era esperado, pois o consumo de PB respondeu linearmente ao aumento no teor de PB nas dietas. Ítavo et al. (2002) e Rennó (2003) também verificaram maior consumo de PB nas dietas com maior concentração protéica (18 e 15% de PB), respectivamente, em relação àquelas com 15 e 12% de PB.

Os compostos nitrogenados totais, compostos nitrogenados amoniacais e não-amoniacais presentes no abomaso não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas dietas, apresentando valores médios de 123,66; 4,0 e 119,65 g/dia, respectivamente. Segundo Van Soest (1994), os fluxos de N dietético, N microbiano e N amoniacal no abomaso podem ser influenciados pelas ingestões de matéria seca e nitrogênio, de modo que a ausência de efeito do N dietético sobre estas variáveis pode ser atribuída ao consumo de matéria seca, que também não foi afetado pela concentração

Tabela 5 - Médias das taxas de passagem (k) obtidas com a utilização do óxido de cromo (Cr₂O₃) e estimadas pelas equações do NRC (2001), em % por hora, de acordo com os níveis de proteína bruta das dietas

Table 5 - Means of the passage rates (k) obtained with chromium oxide (Cr₂O₃) and estimated by NRC (2001) equations, in % per hour, according to dietary crude protein levels

Nível de PB (%)	Taxa de passagem (%/h)		P < 0,05
	Passage rate (%/h)		
CP level (%)	Observada	Estimada	
	Observed	Estimated	
10,5	3,40	3,32	ns
12,0	4,05	3,37	ns
13,5	4,03	3,31	ns
15,0	3,27	3,33	ns
Média	3,69	3,33	
Mean			

ns Não-significativa a 5% de probabilidade pelo teste t.

ns Not significant at 5% of probability level by t test.

protéica das dietas. Resultados similares foram observados por Rennó (2003), à exceção dos compostos nitrogenados amoniacais, que apresentaram comportamento linear positivo à inclusão de PB na dieta, registrando-se valores de 2,87 e 4,08 g/dia de N-NH₃ para dietas com 12 e 15% de PB, respectivamente.

Os fluxos de compostos nitrogenados microbianos presentes no abomaso também não foram afetados ($P>0,05$) pelo acréscimo de proteína bruta às dietas, apresentando valor médio de 88,01 g/dia. Vários fatores podem influenciar o fluxo de proteína microbiana, incluindo o teor e a solubilidade da proteína da dieta, as fontes de N de origem endógena, a quantidade de matéria orgânica digestível da dieta e o tratamento ao qual a proteína dietética foi submetida antes da alimentação e absorção de N pelo rúmen, sobretudo na forma amoniacal (Hoover & Stokes, 1991). Neste caso, a ausência de efeito da concentração de PB das dietas sobre o fluxo de N microbiano no abomaso pode ser explicada pelo aporte de PB, que foi adequado em todas as dietas.

Valadares et al. (1997a), ao utilizarem dietas com diferentes teores protéicos (7; 9,5; 12 e 14,5%) na MS em ensaio com novilhos zebuínos, verificaram que o nível de 7% de PB resultou em menor produção de compostos nitrogenados

microbianos, provavelmente porque foi insuficiente para promover adequado crescimento microbiano. Além disso, conforme Sniffen et al. (1993), outro fator que afeta a produção de proteína microbiana é a taxa de passagem, que, neste trabalho, não foi influenciada pelos níveis de PB nas dietas.

Observou-se que, enquanto a excreção fecal de N não foi influenciada pelos níveis de PB das dietas ($P>0,05$), a excreção urinária aumentou linearmente ($P<0,05$), com incremento de 9,24 unidades por unidade percentual de PB acrescentado à dieta. Esses resultados confirmam os obtidos por Rennó (2003), embora os valores numéricos tenham sido mais elevados, o que indica que maior conservação dos compostos nitrogenados ocorre quando se utilizam dietas com menores teores protéicos, pois o aumento da PB da dieta pode ocasionar excesso na liberação de uréia, via urina, constituindo desperdício de proteína.

O balanço de compostos nitrogenados foi influenciado ($P<0,05$) pelas dietas somente quando expresso em g/dia, estimando-se incrementos de 5,744 g de N por unidade de acréscimo no teor protéico das dietas. Essa tendência decorre do aumento linear verificado para a ingestão de compostos nitrogenados com o incremento dos níveis de PB nas dietas.

Tabela 6 - Médias, equações de regressão (ER) e coeficientes de determinação (r^2) e variação (CV) obtidos para os compostos nitrogenados ingeridos (NI), presentes no abomaso (Nab) e excretados nas fezes e na urina e balanço de compostos nitrogenados (BN), de acordo com os níveis de proteína bruta das dietas, em g/dia

Table 6 - Means, regression equations (RE) and coefficients of determination (r^2) and variation (CV) obtained for the ingested nitrogenous compounds (IN), presented in the abomasum (Nab) and excreted in the feces and urine and nitrogenous compounds balance (NB) according to dietary crude protein levels, in g/day

Item <i>Item</i>	Nível de PB (%) <i>CP level (%)</i>				ER <i>RE</i>	CV (%)
	10,5	12	13,5	15		
NI <i>IN</i>	130,84	158,84	166,58	194,43	\hat{Y}^3	9,09
Nab (N total) <i>Nab (total N)</i>	111,75	121,77	124,75	136,36	$\hat{Y} = 123,66$	14,07
Nab (N-NH ₃) <i>Nab (N-NH₃)</i>	4,08	3,56	4,47	3,91	$\hat{Y} = 4,00$	22,98
Nab (NNA) ¹ <i>Nab (NNA)</i>	107,67	118,21	120,28	132,45	$\hat{Y} = 119,65$	14,25
Nab (Nmic) ² <i>Nab (Nmic)</i>	79,70	86,34	91,43	94,57	$\hat{Y} = 88,01$	11,26
N fezes <i>Feces N</i>	45,38	41,91	43,78	36,00	$\hat{Y} = 41,77$	9,76
N urina <i>Urine N</i>	52,32	65,36	67,28	97,88	\hat{Y}^4	10,72
BN <i>NB</i>	33,14	51,58	55,51	60,55	\hat{Y}^5	17,30
BN (% ingerido) <i>NB (% ingested)</i>	25,51	32,38	32,74	31,22	$\hat{Y} = 30,46$	11,75

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (Significant at 5% of probability by F test).

¹ Compostos nitrogenados não-amoniacais (Non-ammonia nitrogenous compounds).

² Compostos nitrogenados microbianos, calculados com base na relação N-RNA:N total, expressa na MO, de 16,26 (Microbial nitrogenous compounds calculated based on the N-RNA: total N ratio of 16.26 expressed in OM basis).

³ $\hat{Y} = -6,057 + 13,234 \cdot \text{PB}$ ($r^2 = 0,96$); ⁴ $\hat{Y} = -44,117 + 9,239 \cdot \text{PB}$ ($r^2 = 0,86$); ⁵ $\hat{Y} = -23,037 + 5,744 \cdot \text{PB}$ ($r^2 = 0,87$).

Na Tabela 7 podem ser visualizadas as médias, as equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação e variação para a matéria orgânica degradada no rúmen (MODR), os carboidratos totais degradados no rúmen (CHODR), a matéria seca microbiana (MS mic) presente no abomaso e a eficiência microbiana, expressa de

diferentes formas, em função dos níveis de PB das dietas. Nenhuma dessas variáveis foi influenciada ($P>0,05$) pela concentração de proteína bruta das dietas. Os valores médios estimados para as quantidades de MO e CHO degradados no rúmen (MODR e CHODR) foram de 3,45 e 3,20 kg/dia, respectivamente, próximos aos obtidos por

Tabela 7 - Médias e coeficientes de variação (CV) obtidos para a matéria orgânica degradada no rúmen (MODR), os carboidratos totais degradados no rúmen (CHODR), a matéria seca microbiana (MS mic) presente no abomaso e a eficiência microbiana, em g Nmic/kg MODR, g Nmic/kg CHODR, g MSmic/kg CHODR e g PBmic/kg NDT, de acordo com os níveis de PB das dietas

Table 7 - Means and coefficients of variation (CV) obtained for the ruminally degraded organic matter (RDOM), rumen degraded total carbohydrates (RDCHO), microbial dry matter (DM mic) presented in abomasum and the microbial efficiency, in g Nmic/kg RDOM, g Nmic/kg RDCHO, g DMmic/kg RDCHO and g CPmic/kg TDN according to dietary crude protein levels

Item Item	Nível de PB (%) CP level (%)				Média Mean	CV (%)
	10,5	12	13,5	15		
MODR ¹ (RDOM)	3,16	3,55	3,28	3,82	3,45	10,93
CHODR ¹ (RDCHO)	3,02	3,31	3,02	3,46	3,20	11,28
MS mic ² (DM mic)	1.054,23	1.142,10	1.209,35	1.250,95	1.164,16	11,36
N mic/MODR ³ (N mic/RDOM)	25,67	24,86	28,33	25,39	26,06	14,88
N mic/CHODR ³ (N mic/RDCHO)	26,93	26,64	30,83	27,99	28,10	15,26
MS mic/CHODR ³ (DM mic/RDCHO)	356,24	352,32	407,81	370,28	371,66	15,26
PB mic/NDT ³ (CP mic/TDN)	108,98	106,34	124,04	109,62	112,25	13,29

¹ kg/dia (kg/day); ² g/dia (g/day); ³ g/kg (g/kg).

Rennó (2003), de 3,75 e 3,43 kg/dia para as respectivas variáveis, utilizando níveis de 12 e 15% PB.

A eficiência microbiana de 26,06 g Nmic/kg MODR foi superior à de 16,04 g Nmic/kg MODR, encontrada por Rennó (2003), em novilhos de quatro grupos genéticos recebendo dietas contendo dois níveis de PB (12 e 15%), e inferior à de 32 g Nmic/kg MODR, preconizada pelo ARC (1984). Os valores médios estimados para as eficiências microbianas, em g Nmic/kg CHODR e g MSmic/kg CHODR, foram de 28,10 e 371,66, respectivamente, e se aproximam dos obtidos por Ribeiro et al. (2001), de 30,74 g Nmic/kg CHODR e 337,4 g MSmic/kg CHODR. Porém, são superiores aos encontrados por Rennó (2003), de 17,51 e 231,84, para as respectivas variáveis, e estão aquém do valor de 400 g MSmic/kg CHODR proposto pelo NRC (1996). A eficiência microbiana, em g PB/kg NDT, apresentou valor médio de 112,25, superior ao de 76,5 relatado por Rennó (2003), porém, relativamente próximo ao de 130 g PB/kg NDT predito pelo NRC (2001).

Conclusões

A adição de níveis crescentes de proteína bruta às dietas não alterou o pH e a concentração de amônia ruminal, a eficiência microbiana e a taxa de passagem da digesta.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminant livestock**. Supplement n.1. Report of the protein group of the ARC working party. Farnham Royal: CAB, 1984. 45p.
- CAVALCANTE, M.A.B.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de proteína bruta em dietas para bovinos de corte: consumo e digestibilidades total e parcial dos nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2200-2208, 2005 (supl.)
- CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.8, p.2304-2323, 1992.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- CZERKAWSKI, J.W. **An introduction to rumen studies**. Oxford: Pergamon International Library, 1986. p.31-44.
- DIAS, H.L.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo e digestões totais e parciais em novilhos F1 Limousin x Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.545-554, 2000.
- GRANT, R.J.; MERTENS, D.R. Influence of butter pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.10, p.2762-2768, 1992.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Florida: University of Florida. 2000. p. A-25 (Bulletin 339).
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.
- HOOVER, W.H., STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3630-3644, 1991.

- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos Nelore nas fases de recria e terminação: consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.1033-1041, 2002 (supl.).
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; Van SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy of an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2070-2107, 1988.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage in vitro digestion. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.1063-1073, 1993.
- POLAN, C.E. Update: dietary protein and microbial protein contribution. **Journal of Nutrition**, v.18, n.2, p.242-248, 1988.
- RENNÓ, L.N. **Consumo, digestibilidade total e parcial, produção microbiana, parâmetros ruminais e excreções de uréia e creatinina em novilhos alimentados com dietas contendo quatro níveis de uréia ou dois níveis de proteína**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- RIBEIRO, K.G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Eficiência microbiana, fluxo de compostos nitrogenados no abomaso, amônia e pH ruminais, em bovinos recebendo dietas contendo feno de capim-tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.581-588, 2001.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. **British Journal of Nutrition**, v.32, n.1, p.199-208, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.20, p.425-441, 1987.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. et al. Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.3160-3178, 1993.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 1998. (Manual do usuário).
- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reproduction and Nutrition Development**, v.25, n.6, p.1037-1046, 1985.
- VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, SINLEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.228-243.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 1. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1252-1258, 1997a.
- Van SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1980.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell nutrition conference for feed manufactures, 61, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. **Journal of Agriculture Science**, v.59, p.381-385, 1962.

Recebido: 18/02/05
Aprovado: 14/08/05