



Proteína degradável no rúmen na dieta de bovinos: digestibilidades total e parcial dos nutrientes e parâmetros ruminais

Saul Ferreira Caldas Neto¹, Lucia Maria Zeoula², Ivanor Nunes do Prado², Antonio Ferriani Branco², Ricardo Kazama¹, Luiz Juliano Valério Geron¹, Emilyn Midori Maeda¹, Fernanda Fereli¹

¹ Pós-Graduação em Zootecnia - Universidade Estadual de Maringá (UEM) - PR. Bolsista do CNPq

² Departamento de Zootecnia - Universidade Estadual de Maringá (UEM) - PR, Av. Colombo, 5790, CEP: 87020-900. Bolsista do CNPq.

RESUMO - Quatro novilhos da raça Holandesa (450 kg) portadores de cânula ruminal e duodenal, recebendo dietas com níveis de proteína degradável no rúmen (PDR) de 50, 60, 65 e 70%, associadas a uma fonte de amido de alta degradabilidade ruminal (farinha de varredura de mandioca), foram distribuídos em quadrado latino 4 × 4 para se avaliarem as digestibilidades total e parcial dos nutrientes, a concentração de amônia e o pH ruminal. Foi utilizada, como indicador do fluxo duodenal e fecal, a cinza insolúvel em ácido. Não foi observado efeito do nível de PDR sobre o coeficiente de digestibilidade total, digestibilidade ruminal e digestibilidade intestinal da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, carboidratos não-estruturais e energia bruta. O aumento do nível de PDR na dieta elevou o coeficiente de digestibilidade total e ruminal da proteína bruta e reduziu a digestibilidade intestinal desse nutriente como porcentagem do digerido. Não houve efeito dos níveis de PDR no pH ruminal, no entanto, maior concentração ruminal de amônia foi observada para as dietas com maior teor de PDR. Os resultados obtidos indicaram que o aumento no teor de PDR acarretou maior produção de nitrogênio na forma de amônia, independentemente da presença da fonte de amido de alta degradabilidade ruminal, contudo, o aporte de proteína intestinal foi semelhante para todas as dietas.

Palavras-chave: farinha de peixe, farinha de varredura de mandioca, novilhos, uréia

Rumen degradable protein on bovine diet: total and partial nutrient digestibility and ruminal parameters

ABSTRACT - Four ruminally and duodenally cannulated Holstein steers (450 kg) were fed diets with rumen degradable protein (RDP) levels of 50.0 60.0 65.0 and 70.0% associated with a high ruminal degradability starch (cassava by-product meal) were allotted to a 4 × 4 Latin square design for the evaluation of total and partial digestibility of the nutrients, ruminal ammonia concentration and pH. The acid insoluble ash was used as a marker of the duodenal and fecal flow. No effects were observed on the level of RDP on total digestibility coefficient, ruminal digestibility and intestinal digestibility coefficients of dry matter, organic matter, crude protein, neutral detergent fiber, non structural carbohydrates and gross energy. The increase of the RDP levels in the diet increased the coefficients of total and ruminal digestibility of crude protein and reduced the intestinal digestibility of this nutrient as a percentage of the digested. There was no effect of RDP levels on the ruminal pH, however, higher ammonia concentration was observed for the diets with higher level of RDP. The results indicated that the increase in the level of PDR cause a higher production of nitrogen in the ammonia form, independently of the presence of the source of high ruminal degradability starch, however the contribution of intestinal protein was similar for all the diets.

Key Words: cassava by-product meal, fish meal, steers, urea

Introdução

A disponibilidade de aminoácidos para absorção intestinal é fundamental para garantir a produtividade dos ruminantes. Contudo, devido às características simbióticas destes animais, a existência de um processo fermentativo pré-gástrico dificulta a estimativa do aporte

intestinal de proteína, se considerar apenas o teor de proteína bruta dos alimentos.

As fontes de proteína consumidas pelos ruminantes podem sofrer processos de hidrólise no rúmen, liberando aminoácidos livres em um primeiro momento, que podem ser desaminados, liberando amônia. Os aminoácidos liberados, bem como a amônia produzida, podem ser utilizados para a

síntese de proteína microbiana, a qual pode apresentar um perfil de aminoácidos completamente diferente da fonte dietética (Morrison & Mackie, 1996). Desta forma, o aporte final de proteína para o intestino delgado é formado não somente pela proteína dietética, mas em grande parte pela proteína microbiana.

O fornecimento de níveis mais elevados de fontes de nitrogênio de alta degradabilidade ruminal poderia permitir maior eficiência microbiana e, conseqüentemente, aumentar o aporte de proteínas para o animal, além de permitir dietas de menor custo, utilizando fontes de nitrogênio não-protéico.

Contudo, o excesso de proteína degradável na dieta pode acarretar uma quantidade de amônia no rúmen que exceda a capacidade de utilização desta pela microbiota ruminal. No rúmen, a amônia é constantemente absorvida para a corrente sanguínea, sendo carregada para o fígado, onde é convertida em uréia com gasto de energia. A uréia pode ser reciclada através da saliva ou ser excretada na urina (Van Soest, 1994; Butler, 1998; Huntington & Archibeque, 1999). Assim, o uso de dietas com nível elevado de proteína degradável no rúmen pode acarretar a perda tanto de nitrogênio na forma de uréia, quanto de energia utilizada em seu processo de síntese.

As fontes protéicas de alta degradabilidade podem ser melhor utilizadas quando associadas a fontes energéticas também de alta degradabilidade ruminal, pois, nessa situação, a sincronização da disponibilidade ruminal de energia e nitrogênio pode permitir maior eficiência no processo microbiano de fixação da amônia na forma de glutamato, diminuindo as perdas de nitrogênio e energia (Nocek & Russel, 1988). Além disso, o fornecimento de maior quantidade de carboidratos solúveis pode resultar em diminuição do pH ruminal mais acentuada, aumentando a proporção de amônia na forma de íon amônio e, conseqüentemente, diminuindo sua absorção pelo epitélio ruminal (Van Soest, 1994).

Por outro lado, a utilização de fontes protéicas com baixa degradabilidade ruminal acarreta aumento no fluxo de proteína para o intestino delgado (Commer et al., 1993; Zinn & Owens, 1993). Contudo, a utilização de níveis elevados de proteína de baixa degradabilidade ruminal pode ocasionar deficiência de nitrogênio para a microbiota ruminal, diminuindo a eficiência de síntese de proteína microbiana e a digestibilidade ruminal dos nutrientes como um todo (Dewhurst et al., 2000).

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito do nível de proteína degradável no rúmen (55, 60, 65 e 70% da proteína bruta total), em dietas com fonte energética de alta degradabilidade ruminal, sobre as digestibilidades total e parcial dos nutrientes, o pH e a concentração de amônia ruminal.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Corte da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI) no período de janeiro a março de 2003. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), ambos pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá.

Foram utilizados quatro bovinos castrados da raça Holandesa, com peso corporal (PC) inicial médio de 450 kg, portadores de cânula ruminal e duodenal (tipo T simples). Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas, com as laterais fechadas com madeira para evitar eventuais acidentes, como a retirada forçada das cânulas.

A fonte energética utilizada foi a farinha de varredura de mandioca e as fontes de nitrogênio foram o farelo de algodão, farelo de soja, farinha de peixe e uréia, sendo utilizado feno de capim-estrela (*Cynodon perisodactylon*) como volumoso (Tabela 1).

A farinha de varredura de mandioca foi escolhida como fonte energética, por ser uma fonte de amido de alta degradabilidade ruminal, com energia suficiente para maior eficiência microbiana no rúmen (Zeoula & Caldas Neto, 2001), e a farinha de peixe foi utilizada como fonte de proteína de baixa degradabilidade ruminal, por apresentar bom valor biológico.

Os tratamentos foram obtidos balanceando-se quatro dietas com níveis de proteína degradável no rúmen (PDR) de 55, 60, 65 e 70% em relação ao nível de proteína bruta total. As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas e isoprotéicas, possuindo 12% de proteína bruta (PB) e 70% de nutrientes digestíveis totais (NDT), relação volumoso:concentrado de 50:50 e níveis de fibra em detergente neutro (FDN) semelhantes (Tabela 2).

O sal mineral utilizado continha 65,0 g de fósforo, 130,0 g de cálcio, 5,0 g de magnésio, 13,0 g de enxofre, 700 mg de ferro, 850 mg de cobre, 1.000 mg de manganês, 120 g de iodo e 80 g de cobalto por kg do produto.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (8 e 16 h), sendo o concentrado e o feno pesados separadamente e misturados diretamente nos comedouros. O concentrado foi utilizado na forma farelada e o feno, na forma triturada (picadeira), de forma a permitir melhor mistura com o concentrado, diminuindo a seleção pelos animais e a perda de alimento nos comedouros. O fornecimento de dieta foi realizado de forma restrita, correspondente a 2% PC dos animais em matéria seca (MS). Entretanto, quando ocasionalmente ocorriam sobras, estas eram recolhidas diariamente, pesadas e congeladas, determinando-se posteriormente

Tabela 1 - Composição nutricional dos ingredientes

Alimento	MS (%)	% MS ¹					
		PB	PDR	FDN	CNE	MM	NDT*
Farelo de soja	89,2	51,0	33,3	15,9	23,1	5,4	85,0
Farelo de algodão	88,1	40,0	23,2	25,2	26,1	6,2	5,0
Farinha de peixe	88,7	60,0	24,8	0,0	0,0	28,0	79,0
Uréia	100,0	270,0	270,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Farinha de varredura de mandioca	91,2	1,9	1,1	11,1	85,0	1,1	80,0
Feno de capim-estrela	89,2	5,0	2,5	72,0	13,9	7,0	-

MS: matéria seca, PB: proteína bruta, PDR: proteína degradável no rúmen, FDN: fibra em detergente neutro, CNE: carboidratos não-estruturais, MM: matéria mineral, NDT: nutrientes digestíveis totais.

*Dados obtidos segundo Kearn (1982).

Tabela 2 - Composição em ingredientes e nutricional das dietas experimentais

Item	% PDR ¹			
	55	60	65	70
Ingrediente				
Farelo de soja	10,4	6,3	14,9	13,0
Farelo de algodão	0,0	14,2	1,8	0,0
Farinha de peixe	6,2	0,0	0,0	0,0
Uréia	0,0	0,1	0,3	0,9
Farinha de varredura mandioca	31,6	27,7	31,1	34,2
Feno de estrela	50,0	50,0	50,0	50,0
Sal mineral	1,8	1,8	1,8	1,8
Composição nutricional				
Proteína bruta (%MS)	12,1	12,2	12,2	12,2
Proteína degradável (%PB)	6,6	7,3	7,9	8,5
Carboidratos não-estruturais (%MS)	24,6	22,7	24,9	26,8
Fibra em detergente neutro (%MS)	41,1	43,6	42,3	41,9
Extrato etéreo (%MS)	2,3	1,9	2,0	1,9
Matéria mineral (%MS)	8,0	6,8	6,5	6,4
Energia bruta (Mcal/kg)	4,3	4,3	4,3	4,3
Cinza insolúvel em ácido (%MS)	1,1	1,0	1,0	1,0

¹ Níveis de proteína degradável no rúmen (% de PB).

os teores de MS e nutrientes e descontados do fornecido para determinação do ingerido.

Antes do início do experimento, os animais foram vermifugados com produto à base de ivermectina e tratados com carrapaticida Pour-on durante o experimento.

Os animais foram pesados no final do período de adaptação e no final do período de coleta, quando os pesos foram utilizados para calcular a quantidade de alimento a ser fornecida e para expressar o consumo em relação ao PC e tamanho metabólico. A higienização das baias e cânulas dos animais foi realizada diariamente.

O experimento foi dividido em quatro períodos, com duração de 17 dias cada um, sendo 14 dias para adaptação dos animais e três dias para coleta.

Durante o período de coleta, em cada período experimental, foram amostrados cerca de 200 mL de digesta

duodenal e 100 g de fezes diretamente do reto, com intervalo de 6 horas e aumento de 2 horas entre dias consecutivos, totalizando 12 amostras por animal. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, devidamente etiquetadas, e congeladas a -20°C para posterior análise.

Após o período de coleta, as amostras de alimento fornecido, sobras, fezes e digesta duodenal foram secas em estufa a 55°C por 96 horas, moídas (1 mm) individualmente e misturadas em quantidades iguais de cada dia, com base no peso seco, para formar amostras compostas de sobras, fezes e de digesta duodenal por animal/dieta/período.

O fluido ruminal (70 mL) foi coletado no último dia de cada período de coleta, via cânula ruminal, nos tempos 0 (antes da alimentação), 2, 4, 6 e 8 horas após a alimentação da manhã, utilizando-se uma bomba de vácuo manual. O pH foi medido imediatamente após a coleta. Aproximadamente 50 mL de fluido ruminal foram acidificados com 1 mL de ácido sulfúrico 1:1 e armazenados a -20°C para posterior determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Para obtenção dos fluxos diários de MS nas fezes e no duodeno, foi utilizado como indicador interno a cinza insolúvel em ácido (CIA) e determinada de acordo com a metodologia descrita por Van Keulen & Young (1977).

Nas amostras dos alimentos, das sobras, das fezes e da digesta duodenal, foram determinados os teores de MS, MO, PB e EE, segundo metodologias citadas por Silva & Queiroz (2002), e os teores de FDN, segundo método descrito em Van Soest et al. (1991). Os valores de PDR dos alimentos utilizados na composição da dieta foram obtidos por meio da degradabilidade *in situ*, de acordo com o AFRC (1996).

A dosagem de amônia nas amostras de líquido ruminal foi feita pela técnica de Ferner (1965), modificada por Vieira (1980).

A energia bruta (EB) das amostras dos alimentos fornecidos, das sobras, das digestas duodenal e das fezes

foi determinada por meio de bomba calorimétrica tipo "Parr", de acordo com a metodologia citada em Silva & Queiroz (2002). Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos a partir dos coeficientes de digestibilidade da EB. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos considerando 1 kg de NDT = 4,409 Mcal de ED (NRC, 1996). Os valores de energia metabolizável (EM) foram calculados conforme recomendações de Sniffen et al. (1992): EM = 0,82 ED.

Os valores de carboidratos totais (CHT) e carboidratos não-estruturais (CNE) foram calculados, de acordo com Sniffen et al. (1992), pelas seguintes equações: CHT = %MO - %PB - %EE e CNE = CHT - FDN.

Os teores de NDT dos alimentos utilizados para o balanceamento das dietas estimadas pelas equações de Kearn (1982) foram:

NDT (alimentos secos: feno) = $-17,2649 + 1,2120(\%PB) + 0,8352(\%ENN) + 2,4637(\%EE) + 0,4475(\%FB)$;

NDT (alimentos energéticos) = $40,2625 + 0,1969(\%PB) + 0,4228(\%ENN) + 1,1903(\%EE) + 0,1379(\%FB)$;

NDT (alimentos proteicos) = $40,3227 + 0,5398(\%PB) + 0,4448(\%ENN) + 1,4218(\%EE) - 0,7007(\%FB)$.

Os coeficientes de digestibilidade aparentes totais e parciais de MS, MO, PB, FDN e CNE foram calculados de acordo com as fórmulas descritas por Coelho da Silva & Leão (1979).

- Determinação da MS fecal:

$$\text{MS fecal} = \frac{\text{Quantidade de indicador ingerido pelo animal}}{\text{Concentração do indicador na MS das fezes}}$$

- Determinação da MS duodenal:

$$\text{MS duodenal} = \frac{\text{Quantidade de indicador ingerido pelo animal}}{\text{Concentração do indicador MS duodenal}}$$

- Determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes:

$$\text{CDA do nutriente} = \frac{\text{kg nutriente ingerido} - \text{kg do nutriente na MS fecal}}{\text{kg do nutriente ingerido}} \times 100$$

- Determinação do coeficiente de digestibilidade ruminal (CDR) dos nutrientes:

$$\text{CDR do nutriente} = \frac{\text{kg nutriente ingerido} - \text{kg do nutriente na MS duodenal}}{\text{kg do nutriente ingerido} - \text{kg do nutriente nas fezes}} \times 100$$

- Determinação do coeficiente de digestibilidade intestinal (CDI) dos nutrientes

$$\% \text{ do total digerido: CDI} = 100 - \text{CDR}$$

% da quantidade que chegou ao duodeno:

$$\text{CDI} = \frac{\text{kg nutriente na MS duodenal} - \text{kg do nutriente na MS fecal}}{\text{kg do nutriente na MS duodenal}} \times 100$$

Utilizou-se delineamento experimental em quadrado latino 4×4 , com quatro períodos e quatro níveis de proteína degradável na dieta - PDR (55, 60, 65 e 70% da PB total), para comparar os locais de digestão dos nutrientes. As análises estatísticas das variáveis estudadas foram interpretadas pelo Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 1983), por meio de análises de variância e regressão linear, adotando-se o nível de 5% de significância.

Antes do início do experimento, um dos animais perdeu a cânula duodenal, desta forma, as amostras de digesta duodenal deste animal entraram como parcela perdida na análise estatística.

Para os valores observados de pH e N-NH₃ no líquido ruminal, considerou-se parcela subdividida em função dos tempos de amostragem. Foi utilizada análise de regressão para as concentrações de pH e N-NH₃ no líquido ruminal, em função dos níveis de PDR e tempo após a alimentação (0, 2, 4, 6 e 8 horas).

Resultados e Discussão

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de PDR na dieta sobre o consumo de MS (Tabela 3). A quantidade oferecida de alimentos para os animais foi realizada de forma restrita (2% PC, MS da dieta), assim, os resultados observados para a ingestão de MS são condizentes. A restrição foi realizada de forma a evitar a seleção da dieta pelos animais, visto que resultaria em desbalanceamento dos níveis de proteína degradável no rúmen.

Como não houve variação no consumo de MS, em função dos níveis de PDR, e pelo fato de as dietas serem

Tabela 3 - Consumo médio diário de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidrato não-estrutural (CNE) das dietas experimentais

Consumo diário	% PDR				CV (%)
	55	60	65	70	
MS					
g/kg PM ²	71,0	72,0	71,0	71,0	1,5
% Peso corporal	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5
MO					
g/kg PM	65,3	67,15	66,3	66,4	1,7
% Peso corporal	1,8	1,9	1,9	1,9	1,7
PB					
g/kg PM	8,6	8,8	8,7	8,7	2,1
% Peso corporal	0,2	0,2	0,2	0,2	2,1
FDN					
g/kg PM	29,2	31,4	30,0	29,7	2,2
% Peso corporal	0,8	0,9	0,8	0,8	2,2
CNE					
g/kg PM	25,9	25,7	26,4	27,7	2,3
% Peso corporal	0,7	0,7	0,7	0,8	2,3

¹ PDR: Níveis de proteína degradável no rúmen (% de PB), CV: coeficiente de variação.

² PM: Peso corporal 0,75.

isoprotéicas (12,2% PB), também não foi observado efeito ($P>0,05$) das dietas sobre o consumo de PB.

Da mesma forma, em razão de a relação volumoso:concentrado ter sido a mesma para todos os tratamentos, os teores de FDN das dietas experimentais foram semelhantes (Tabela 2). Este fato, aliado ao consumo restrito de MS, possivelmente foi o responsável pela ausência de efeito ($P>0,05$) no consumo de FDN (Tabela 3).

O consumo de CNE também não foi afetado ($P>0,05$) pelos níveis de PDR. A principal fonte de CNE das dietas experimentais foi a farinha de varredura de mandioca, utilizada em todas as dietas, sendo sua proporção semelhante em todos os tratamentos, com exceção do nível de 55% de PDR, na qual foi menor (Tabela 2). Contudo, a concentração de CNE entre as dietas experimentais também foi semelhante, o que pode explicar a ausência de diferença no consumo.

Apesar de o consumo restrito poder afetar os resultados de consumo em função dos níveis de PDR, diversos trabalhos que avaliaram o efeito de dietas com diferentes níveis de PDR na dieta também não observaram efeito significativo sobre o consumo de MS (Coomer et al., 1993; Cervieri et al., 2001; Caldas Neto et al., 2007). Para novilhos em crescimento alimentados à vontade, foram fornecidas dietas com 55, 60, 65 e 70% de PDR (% da PB) e concentrado energético (farinha de varredura de mandioca) e não foram observadas

diferenças sobre os consumos de MS, MO, PB, CT, CNF e FDN (Caldas Neto et al., 2007).

Da mesma forma, em trabalhos realizados com ovinos, em consumo restrito, não foram observadas diferenças nos consumos, quando alimentados com dietas contendo teores crescentes de PDR e, como concentrado energético, a farinha de varredura de mandioca (Prado et al., 2004) ou o milho moído (Zeoula et al., 2006).

Não foi observado efeito ($P>0,05$) do nível de PDR sobre o CDA de MS, MO, FDN e CNE (Tabela 4), constatando-se efeito ($P<0,05$) linear crescente do nível de PDR sobre o CDA da PB. Dessa forma, houve aumento da quantidade de PB digerida com níveis mais elevados de PDR na dieta.

Os resultados observados para o CDA de MS, MO e FDN corroboram os obtidos por Zeoula et al. (2006), que não encontraram efeito do teor de PDR para o CDA da MS, obtidos em ovinos, quando o milho moído foi utilizado como fonte energética, com média de 71,9%. Também os autores não observaram efeito do teor de PDR para os CDA de MO, PB, FDN e amido. Da mesma forma, Fregadolli et al.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente total e parcial dos nutrientes para as dietas experimentais e coeficiente de variação (CV)

Item	% PDR				CV (%)
	55	60	65	70	
Coeficiente de digestibilidade aparente, %					
MS	65,6	64,1	69,8	66,5	2,6
MO	67,7	66,2	73,9	68,1	3,5
PB**	65,8	66,4	69,7	70,1	4,2
CNE	90,1	89,2	90,4	90,2	8,1
FDN	42,2	43,5	46,8	45,1	5,6
Coeficiente de digestibilidade ruminal, %					
MS ¹	67,2	68,5	70,1	71,1	8,2
MO ¹	75,3	76,4	78,0	79,6	10,1
PB ^{1****}	4,3	7,2	7,4	10,5	12,3
CNE ¹	90,1	90,1	89,8	89,0	21,1
CNE ²	81,2	80,4	81,2	80,3	22,1
FDN ¹	90,6	91,8	93,8	92,6	19,3
Coeficiente de digestibilidade intestinal, %					
MS ¹	32,8	31,5	29,8	28,9	10,1
MO ¹	24,8	23,6	21,8	20,7	13,1
PB ^{1****}	95,7	92,8	92,6	89,5	15,1
PB ³	64,3	63,1	63,2	61,8	15,3
CNE ¹	9,9	9,7	10,2	11,0	25,6
CNE ³	47,5	45,3	48,9	49,4	26,0
FDN ¹	9,4	8,3	6,2	7,5	23
Fluxo PB ⁴	874,5	856,9	853,5	833,7	15,2

* Níveis de proteína degradável no rúmen (% de PB).

** $\hat{Y} = 47,65 + 0,325PDR$ ($R^2=0,90$); *** $\hat{Y} = -16,35 + 0,378PDR$ ($R^2=0,82$); ****

$\hat{Y} = 116,32 - 0,378PDR$ ($R^2=0,81$).

¹ % do total digerido; ² % do total ingerido; ³ % da quantidade que chegou ao duodeno; ⁴ Fluxo de proteína bruta para o duodeno (g/dia).

(2001) não observaram efeito da fonte de proteína (farelo de algodão, farinha de carne e ossos e levedura) e de amido (casca de mandioca e milho moído) de alta e baixa degradabilidade ruminal, combinados para lenta ou alta degradação ruminal, sobre os CDA da MS e MO. Essas dietas apresentaram valores de degradabilidade efetiva da PB (taxa de passagem de sólido de 5%/h) de 54,9; 60,1; 78,6 e 92,0%. Entretanto, Prado et al. (2004) encontraram efeito linear crescente para o CDA da MS, que variou de 66,3 a 69,9%, em ovinos alimentados com dietas contendo diferentes teores de PDR e farinha de varredura de mandioca, como fonte de amido.

Ainda, Caldas Neto et al. (2007) verificaram efeito quadrático sobre a digestibilidade *in vitro* da MS, para os teores crescentes de PDR quando a fonte de amido utilizada foi a farinha de varredura de mandioca, o que não foi observado para dietas com os mesmos teores de PDR e o milho moído. Os autores concluíram que, em dietas com farinha de varredura de mandioca, a quantidade de energia foi suficiente para tornar o N limitante nos teores de PDR mais baixos, de modo que o efeito quadrático pode indicar a ocorrência de sincronização entre a disponibilidade de N e energia. Por outro lado, quando a fonte de amido foi o milho, a energia foi insuficiente e não ocasionou deficiência de N mesmo nos menores níveis de PDR.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de PDR sobre a digestibilidade ruminal de MS, MO, FDN e CNE, sendo observado efeito ($P<0,05$) linear crescente do nível de PDR sobre a digestibilidade ruminal da PB (% do total digerido). Também não ocorreu efeito ($P>0,05$) dos níveis de PDR sobre o fluxo de PB para o duodeno (média de 854,6 g/dia). Resultados semelhantes foram relatados, em novilhos, por Fregadolli et al. (2001), que, ao avaliarem o efeito de fontes de proteína e de amido com altas e baixas degradabilidade ruminal, também não observaram efeito das fontes de proteína sobre os coeficientes de digestibilidade ruminal da MS e MO (54,1 e 63,1% do total digerido respectivamente). Entretanto, observaram, para os CDR da PB, valores negativos (-12,5 a -22,6% do total ingerido), que refletiram o inadequado suprimento de nitrogênio dietético.

O resultado obtido para a digestibilidade ruminal da PB (% do total digerido) mostrou que, à medida que se elevou o teor de PB degradável no rúmen, também aumentaram os coeficientes de digestibilidade ruminal da PB, de 4,3 para 10,5%. Desse modo, dietas com maior degradabilidade ruminal acarretaram maior liberação de amônia no rúmen e conseqüente absorção, que foi registrada pelos coeficientes de digestibilidade ruminal positivo. Caso a amônia não seja

utilizada para síntese microbiana, poderá ser absorvida e carregada para o fígado. Assim, como a digestibilidade ruminal da PB foi calculada pela diferença entre a PB ingerida e aquela que escapa para o intestino delgado, o aumento linear na digestibilidade ruminal da PB com o incremento dos níveis de PDR, possivelmente está relacionado à perda de nitrogênio no rúmen, na forma de amônia (Van Soest, 1994). Os menores níveis de PDR, possivelmente, resultaram em maior escape de proteína dietética para o intestino delgado e, conseqüentemente, diminuíram a digestibilidade ruminal da PB (Tabela 4).

Os baixos valores observados de digestibilidade ruminal da PB obtidos neste experimento, mesmo para os níveis mais elevados de PDR, parecem indicar que a utilização da farinha de varredura como fonte energética de alta degradabilidade ruminal pode ter permitido melhor utilização de amônia no rúmen para síntese microbiana, evitando que os valores de digestibilidade ruminal da PB fossem mais elevados e, conseqüentemente, as perdas de nitrogênio.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de PDR sobre a digestibilidade intestinal de MS, MO, FDN e CNE (Tabela 4). Da mesma forma, Fregadolli et al. (2001) não observaram efeito de fontes de proteína de alta e baixa degradabilidade ruminal sobre a digestibilidade intestinal da MS e MO.

Ocorreu efeito linear decrescente ($P>0,05$) para a digestibilidade intestinal da PB (% do total digerido). Este resultado está de acordo com os valores obtidos para a digestibilidade ruminal da PB (% do total digerido), visto que, com o aumento do nível de PDR, ocorreu maior digestibilidade ruminal da PB e, conseqüentemente, menor fração de proteína foi proporcionalmente digerida no intestino delgado. Nos menores níveis de PDR, o escape protéico foi maior e, conseqüentemente, o total de PB digerida no intestino delgado foi maior percentualmente quando comparado ao total digerido.

A digestibilidade intestinal da PB, quando expressa em função do que chega ao intestino, não foi afetada ($P>0,05$) pelo nível de PDR. O fato de a digestibilidade ruminal da PB ter aumentado ($P<0,05$) linearmente (2,82; 4,78; 5,16 e 7,36% do ingerido) com os níveis crescentes de PDR da dieta (55, 60, 65 e 70% respectivamente) e de não ter ocorrido diferença na digestibilidade intestinal da PB, expressa como porcentagem do que chega ao intestino, acarretou aumento linear no CDA da PB.

A ausência de efeito na digestibilidade intestinal da PB, expressa em função do que chega ao duodeno, também parece indicar que a fonte de proteína não-degradável no

rúmen (farinha de peixe) apresenta digestibilidade semelhante à da proteína microbiana.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) do nível de PDR das dietas sobre o consumo, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), a digestão ruminal (CDR) e digestão pós-ruminal (CDI) da energia bruta (EB) (Tabela 5).

A ausência de efeito sobre o consumo de EB é condizente com o fato de as dietas possuírem teores de EB semelhantes e não ter ocorrido efeito do nível de PDR sobre o consumo de MS (Tabela 3). A semelhança do CDA da EB pode ser, em parte, explicada pelo balanceamento isoenergético das dietas e pela utilização de uma mesma fonte energética (farinha de varredura de mandioca) em todas as dietas experimentais.

O coeficiente de digestibilidade ruminal da EB (% do total digerido e % do que chega no compartimento) também não foi afetado pelo nível de PDR das dietas, possivelmente em razão de a concentração da fonte energética (farinha de varredura de mandioca) ser semelhante para as dietas. Também não foi observado efeito linear crescente do nível de PDR ($P>0,05$) sobre o coeficiente de digestibilidade ruminal da EB (% do total de digerido).

Os teores de NDT observados para as dietas experimentais apresentaram valor médio de 70,0%, sendo inferior ao utilizado para o balanceamento das dietas (72%). Esta diferença possivelmente ocorreu devido à qualidade do feno, cujo valor de NDT deve ter sido superestimado. Contudo, como o percentual do feno de capim-estrela foi de 50,0% em todas as dietas experimentais, o teor de NDT foi semelhante para todas as dietas.

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, às 8 e 16 h; a primeira coleta foi realizada antes da refeição matinal e a coleta das 8 h, após o fornecimento da dieta, imediatamente antes da refeição vespertina. Não houve diferença ($P>0,05$) para o pH do líquido ruminal nos tempos observados em função dos níveis de PDR, ocorrendo, contudo, efeito do tempo de coleta. Não ocorreu interação tempo de coleta \times níveis de PDR (Figura 1a).

O pH do líquido ruminal comportou-se de forma quadrática em função do tempo após a primeira refeição. Para todos os níveis de PDR, os menores valores de pH foram observados 4 horas após a alimentação e os maiores, para o tempo 0 h, sendo que todos os valores sempre se mantiveram acima de 6. Os maiores valores observados para o tempo 0 h estão relacionados ao intervalo dos horários das alimentações. Apesar de os tempos 0 h e 8 h terem ocorrido imediatamente antes do fornecimento de alimento para os animais, a refeição da tarde ocorreu 8 horas após o trato matinal, enquanto a alimentação matinal, 16 horas após o trato da tarde do dia anterior. Assim, o horário de

coleta 0 h corresponde, na realidade, a uma coleta realizada 16 horas após a última refeição, explicando assim maiores valores quando comparados ao tempo 8 h.

Da mesma forma, Fregadolli et al. (2001), trabalhando com novilhos da raça Holandesa, não observaram efeito da fonte de proteína de alta ou baixa degradabilidade ruminal sobre o pH ruminal, obtendo variação de 6,02 a 6,67.

Tabela 5 - Consumo (CoEB), digestibilidades total e parcial da energia bruta (EB) e valores energéticos das dietas experimentais

Item	% PDR				CV (%)
	55	60	65	70	
CoEB (kcal/kg ^{0,75})	310,5	306,4	310,5	310,0	2,1
CDA (%)	70,3	68,7	70,0	69,8	4,5
CDR (%) ²	66,0	70,0	71,0	71,1	10,2
CDR (%) ³	46,5	48,2	49,7	49,6	10,5
CDI (%) ²	34,0	30,0	29,0	28,9	12,7
CDI (%) ³	44,6	39,7	40,4	40,0	12,9
NDT (%)	70,0	69,0	70,0	70,0	-
ED (Mcal/kg)	3,1	3,0	3,1	3,1	-
EM (Mcal/kg)	2,5	2,4	2,5	2,5	-

¹Níveis de proteína degradável no rúmen (% proteína bruta); CDA: coeficiente de digestibilidade aparente, CDR: coeficiente de digestibilidade ruminal, CDI: coeficiente de digestibilidade pós ruminal, NDT: nutrientes digestíveis totais, ED: energia digestível, EM: energia metabolizável, CV: coeficiente de variação, ²% do total digerido, ³% do que chega ao compartimento.

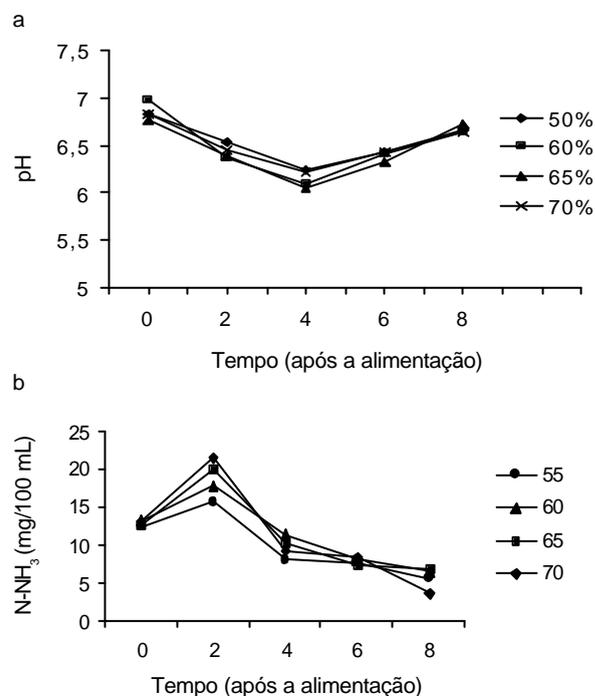


Figura 1 - pH do líquido ruminal (a) e concentração do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (b), em função do tempo após a alimentação para os níveis de proteína degradável no rúmen (55, 60, 65 e 70% da PB).

O pH ruminal é em grande parte dependente da composição da dieta em termos de carboidratos de alta degradabilidade ruminal e estrutural. Assim, a ausência de efeito dos níveis de PDR sobre o pH pode estar relacionada à composição semelhante das dietas em termos de CNE e carboidratos estruturais, visto que a relação volumoso:concentrado utilizada foi a mesma, assim como a fonte energética.

Os resultados observados indicaram que a disponibilidade de nitrogênio para fermentação ruminal tem efeitos secundários sobre o pH ruminal. Obviamente, as dietas contendo maior nível de PDR poderiam apresentar maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, obter maiores alterações de pH. Contudo, a ausência de resultados para a digestibilidade ruminal da MS, FDN e CNE indicou que este fato não aconteceu. Além disto, as dietas com maior níveis de PDR apresentaram maior quantidade de uréia, que, após a hidrólise e liberação de NH_3 , estaria exercendo efeito tamponante, ajudando a controlar o pH.

Foi observado efeito ($P < 0,05$) do nível de PDR sobre a concentração ruminal de N-NH_3 , observando-se maior

valor de amônia para o nível de 70% de PDR e menor valor para o nível de 55% de PDR (Figura 1b). Não foi observada ($P > 0,05$) interação tempos de coleta \times níveis de PDR.

Os resultados observados para a concentração de N-NH_3 estão de acordo com os níveis de PDR das dietas. Obviamente, com o aumento da quantidade de proteína degradável na dieta, houve incremento na quantidade de amônia disponível no rúmen. Essas observações estão de acordo com os resultados obtidos por Zeoula et al. (1999), que, comparando fontes protéicas com alta e baixa degradabilidade ruminal, observaram menor concentração de amônia ruminal para as dietas com fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal, independentemente da degradabilidade da fonte energética.

Ocorreu ainda efeito quadrático da concentração de nitrogênio amoniacal em função do tempo de coleta, sendo os menores valores observados para o tempo 0 h e os maiores para o tempo 2 h (Tabela 6).

As concentrações de N-NH_3 para todos os níveis de PDR foram superiores ao valor de 5 mg $\text{N-NH}_3/100$ mL de líquido ruminal, observado por Roffler & Satter (1975),

Tabela 6 - Equações de regressão obtidas para os valores de N-NH_3 em função do tempo (T) após a alimentação e seus valores de máximo (Máx) e mínimos (Mín)

% PDR	Regressão	Máx.	Tma	Mín.	Tmi	R ²
55	$\hat{Y} = 15,8057 + 1,753T - 0,2543T^2$	15,8	2,2	0,0	8,0	0,81
60	$\hat{Y} = 13,8143 + 1,8230T - 0,241T^2$	17,8	2,3	0,0	8,0	0,87
65	$\hat{Y} = 12,9743 + 1,8957T - 0,229T^2$	20,0	2,1	0,0	8,0	0,86
70	$\hat{Y} = 10,5143 + 1,7907T - 0,232T^2$	21,3	2,4	0,0	8,0	0,89

Tma: Tempo em horas para obtenção dos valores máximos; Tmi: Tempo em horas para a obtenção dos valores mínimos.

como valor mínimo para que a concentração de amônia não fosse o limitante para o crescimento microbiano. Dessa forma, mesmo para os menores níveis de PDR, a disponibilidade de amônia para o crescimento microbiano parece não ter sido limitante, concordando com a ausência de efeito dos níveis de PDR sobre a digestibilidade ruminal de MS, MO, FDN e CNE (Tabela 4).

O aumento na quantidade de nitrogênio amoniacal e o efeito linear crescente observado para o coeficiente de digestibilidade ruminal da proteína bruta indicam que o aumento nos níveis de PDR pode ter acarretado maior escape de nitrogênio no rúmen. Assim, apesar de o CDA da PB ter apresentado efeito linear crescente em função dos níveis de PDR, a diferença pode estar relacionada à maior escape de nitrogênio no rúmen. Contudo, os menores níveis de PDR não determinaram maiores valores de absorção de proteína bruta no intestino, visto que a digestibilidade intestinal expressa em porcentagem do que chegou ao

intestino foi semelhante. Portanto, apesar de o aumento no nível de PDR aumentar o escape de nitrogênio na forma de amônia, esta perda é compensada em parte pelo possível maior fluxo de proteína microbiana, visto que não houve efeito sobre o fluxo de PB para o duodeno.

Conclusões

Quando a farinha de varredura de mandioca é utilizada como fonte energética, é possível aumentar o nível de proteína degradável no rúmen de 55 para 70%, com melhora de digestibilidade da proteína bruta total, sem alterar a digestibilidade dos demais nutrientes. Os resultados obtidos indicaram que o aumento no teor de PDR acarretou maior produção de nitrogênio na forma de amônia, independentemente da presença da fonte de amido de alta degradabilidade ruminal, contudo, o aporte de proteína intestinal foi semelhante para todas as dietas.

Literatura Citada

- BUTLER, W.R. Symposium: optimizing protein nutrition for reproduction and lactation. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2533-2539, 1998.
- CALDAS NETO, S.F.; ZEOULA, L.M.; KAZAMA, R. et al. Proteína degradável no rúmen associada a fontes de amido de alta ou baixa degradabilidade: digestibilidade *in vitro* e desempenho de novilhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.452-460, 2007.
- CERVIERI, R.C.; ARRIGONI, M.D.B.; OLIVEIRA, H.N. et al. Desempenho e características de carcaça de bezerros confinados recebendo dietas com diferentes degradabilidades da fração protéica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1590-1599, 2001.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.
- COMMER, J.C.; AMOS, H.E.; FROETSCHER, M. et al. Effects of supplemental protein source on ruminal fermentation, protein degradation, and amino acid absorption in steers and on growth and feed efficiency in steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.3078-3086, 1993.
- DEWHURST, R.J.; MERRY, D.R.; DAVIES, R.J. Microbial protein supply from the rumen. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, p.1-21, 2000.
- EUCLYDES, R.F. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1983. 59p.
- FREGADOLLI, F.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Efeito das fontes de amido e nitrogênio de diferentes degradabilidades ruminais. 1. Digestibilidades parcial e total. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.858-869, 2001.
- HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. **Proceedings of the American Society of Animal Science**, p.1-11, 1999.
- KEARL, L.C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. Logan: International Feedstuffs Institute, 1982. 381p.
- MORRISON, M.; MACKIE, R.I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.47, n.2, p.227-246, 1996.
- NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.10, p.2070-2107, 1988.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996. 242p.
- PRADO, O.P.P.; ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. et al. Digestibilidade dos nutrientes de dietas com diferentes níveis de proteína degradável no rúmen e fonte de amido de alta degradabilidade ruminal em ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.4, p.521-527, 2004.
- ROFFLER, R.E.; SATTER, L.D. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. I. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. **Journal of Dairy Science**, v.58, n.12, p.1880-1888, 1975.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.9, p.3562-3575, 1992.
- Van KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as a marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.44, n.2, p.283-287, 1977.
- Van SOEST, P.J. **Nutrition ecology of the ruminant**. Ithaca: Comstock Publication Association, 1994. 476p.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.11, p.3583-3597, 1991.
- 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.
- ZEOULA, L.M.; MARTINS, A.S.; ALCALDE, C.R. et al. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.905-912, 1999.
- ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.249-284.
- ZEOULA, L.M.; FERRELI, F.; PRADO, I.N. et al. Digestibilidade e balanço de nitrogênio de rações com diferentes teores de proteína degradável no rúmen e milho moído como fonte de amido em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2179-2185, 2006.
- ZINN, R.A.; OWENS, F.N. Ruminal escape protein for lightweight feedlot calves. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.1677-1687, 1993.