

Efeito de fontes e teores de proteína sobre digestibilidade de nutrientes e desempenho de vacas em lactação

Maria Teresa Guidi¹, Flávio Augusto Portela Santos^{2*}, Carla Maris Machado Bittar², Alexandre Vaz Pires², Mário Procópio de Menezes Júnior¹ e Hugo Imaizumi¹

¹Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Av. Pádua Dias, 11, 13418-900, Cx. Postal 09, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: fapsanto@esalq.usp.br

RESUMO. Foram utilizadas cinco vacas Holandesas, providas de cânulas permanentes no rúmen, com produção de leite em torno de 27 kg dia⁻¹, em quadrado latino 5 x 5. As dietas continham diferentes fontes protéicas: controle, uréia, farelo de soja, soja tostada e farelo de glúten de milho. A dieta controle apresentou proteína bruta de 13,4% e as demais, 16,5%. Os parâmetros ingestão de matéria seca, produção de leite, porcentagem e produção de gordura do leite e eficiência alimentar não foram afetados pelos tratamentos. A soja tostada reduziu a porcentagem de proteína do leite ($p < 0,05$). As digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, amido e fibra em detergente neutro no trato total não foram afetadas pelos tratamentos; mas o tratamento controle e soja tostada diminuíram a digestibilidade da proteína bruta ($p < 0,05$). A uréia aumentou ($p < 0,05$) as concentrações de N-uréico plasmático, enquanto a concentração glicose plasmática não foi afetada pelos tratamentos.

Palavras-chave: farelo de glúten de milho, farelo de soja, proteína não-degradável no rúmen, soja tostada, uréia.

ABSTRACT. Effect of protein levels and sources on performance and nutrient utilization by lactating dairy cows. Five ruminally cannulated lactating dairy cows, producing 27 kg day⁻¹ of milk, were used in a 5 x 5 Latin Square design. Diets contained different protein sources: control, urea, soybean meal, roasted soybeans and corn gluten meal. The control diet featured 13.4% crude protein, and the other diets 16.5%. Dry matter intake, milk production, milk fat content and yield, and feed efficiency were not affected by the treatments. Feeding roasted soybeans decreased milk protein content ($p < 0.05$). The treatments had no effect on the total tract digestibilities of dry matter, organic matter, starch and neutral detergent fiber; however, crude protein digestibility was reduced with the control and roasted soybeans diets ($p < 0.05$). Feeding urea increased plasma urea-N ($p < 0.05$). The treatments had no effects on plasma glucose concentration.

Key words: corn gluten meal, soybean meal, rumen undegradable protein, roasted soybeans, urea.

Introdução

Os gastos com alimentação, geralmente, representam entre 50 e 60% do custo total de produção de leite, e as fontes protéicas são as mais onerosas. Além disso, sua limitação ou excesso pode afetar seriamente a produção e/ou a saúde do rebanho.

A produção de leite, no que se refere às exigências protéicas, é atendida pela proteína microbiana e proteína não-degradável no rúmen (PNDR) que chegam ao intestino delgado. A proporção que cada fração protéica representa no intestino delgado é dependente de vários fatores, dentre eles a ingestão de matéria seca (MS), o sincronismo entre fontes de carboidrato e de proteína e o teor de PNDR da dieta.

Nas décadas de 70 a 80, estudos conduzidos *in vitro* sugeriram que a síntese de proteína microbiana era maximizada com baixas concentrações de amônia ruminal (Satter e Slytter, 1974), quando se criou o conceito de que a suplementação de proteína resistente à degradação ruminal aumentaria a quantidade de proteína e aminoácidos essenciais que chegam ao intestino delgado.

Dados revisados por Santos *et al.* (1998a) demonstraram que, em 15 ensaios (29 comparações), a suplementação de fontes ricas em PNDR, em substituição parcial ou total ao farelo de soja, não resultou em benefícios consistentes no que se refere ao fluxo de proteína e aminoácidos essenciais para o duodeno. A síntese de proteína microbiana foi reduzida pela suplementação com fontes ricas em PNDR em

76% das comparações. Os 88 ensaios de produção (127 comparações) mostraram que a suplementação com fontes ricas em PNDR, em substituição parcial ou total ao farelo de soja, aumentou a produção de leite em apenas 17% dos casos. A suplementação com farelo de glúten de milho respondeu pela maioria dos resultados negativos. O teor de proteína do leite foi reduzido em 22% das comparações, aumentado em apenas 5% e, não afetado nas 73% restantes com o fornecimento de fontes ricas em PNDR. Esses dados sugerem, de forma consistente, que para se ter vantagem com a suplementação de fontes ricas em PNDR, elas têm que propiciar melhora no perfil de aminoácidos essenciais na proteína metabolizável no duodeno.

A proteína da soja é de excelente qualidade, com adequada concentração de lisina, mas deficiente em metionina (Schwab *et al.*, 1976). O farelo de soja apresenta em torno de 49,9% de PB com 35% de PNDR, e o grão de soja tostado, em torno de 42,2% de PB (NRC, 1988). A tostagem do grão de soja aumenta a quantidade de proteína que escapa da degradação ruminal (Faldet *et al.*, 1991), podendo atingir valores de 40 a 60% de PNDR, como porcentagem da PB (Grummer *et al.*, 1996).

O farelo de glúten de milho (FGM) apresenta, em média, 67,2% de PB com 55% de PNDR (NRC, 1988), entretanto sua qualidade é considerada inferior à da proteína de soja. Piepenbrink e Schingoethe (1998) compararam o perfil de aminoácido da proteína original e da PNDR do farelo de glúten de milho com a proteína do leite, encontrando os mesmos aminoácidos limitantes (lisina, triptofano e isoleucina) na matéria original e na PNDR.

A uréia é um composto orgânico que possui, aproximadamente, 45% de nitrogênio (N), com potencial equivalente a 281% de proteína bruta, sendo convertido em proteína microbiana pela ação dos microrganismos no rúmen (NRC, 1988). A maior parte dos trabalhos compilados na revisão de Santos *et al.* (1998a) indica que a inclusão de uréia não alterou o consumo de matéria seca, a produção de leite e sua composição, mostrando-se como importante ferramenta para redução de custo da dieta, desde que fontes de proteína verdadeira também sejam incluídas.

A sincronização da degradação ruminal de proteína e energia em vacas de alta produção é de extrema importância para a maximização da síntese de proteína microbiana e o fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino (Santos e Huber, 1996). A revisão de Theurer *et al.* (1999) apresentou, de forma clara, os benefícios do fornecimento de grãos processados para vacas em lactação. A taxa e extensão de digestão do amido no rúmen influenciam a produção e proporção de ácidos graxos de cadeia curta, o pH ruminal e a quantidade e a

forma física e química do amido disponível para digestão pós-ruminal. Os diversos trabalhos de pesquisa compilados por estes autores indicam que, quando o milho e o sorgo foram floculados (alta degradabilidade ruminal do amido), as produções de leite e de proteína do leite foram aumentadas de forma significativa, em comparação com estes grãos processados menos intensamente (moagem grosseira, laminação a seco ou a vapor).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de fontes e teores de proteína de diferentes degradabilidade ruminal, em dieta contendo amido de alta degradabilidade ruminal, para vacas em lactação quanto à produção de leite, a parâmetros de fermentação e à digestibilidade de nutrientes.

Material e métodos

Foram utilizadas cinco vacas Holandesas, multíparas, providas de cânula ruminal permanente, com produção média de leite de 27 kg dia⁻¹ e 80 dias em lactação, em delineamento do tipo quadrado latino 5 x 5. Os tratamentos consistiram em dietas isoenergéticas com diferentes teores (13,4 ou 16,5% de PB) e fontes de proteína, com variados teores de PDR ou PNDR: farelo de soja (FS), uréia (U), soja tostada (ST) e farelo de glúten de milho (FGM) (Tabela 1). A dieta controle, com 13,4% de PB, apresentou o farelo de soja como principal fonte proteica. As outras dietas, com 16,5% de proteína bruta, apresentaram o farelo de soja em maior inclusão (FS) ou em combinação com uréia (U), soja tostada (ST) ou farelo de glúten de milho (FGM). O caroço de algodão foi utilizado para equilibrar o teor de lipídeos dos tratamentos em relação ao tratamento contendo soja tostada.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais (%MS).

Table 1. Experimental diet composition (%DM).

Ingredientes Ingredients	Tratamentos ¹ Treatments ¹				
	C	U	FS	ST	FGM
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	38,2	38,17	37,5	37,74	38,18
Milho Floculado (360 g L ⁻¹) <i>Steam-flaked corn (360 g L⁻¹)</i>	25,73	24,68	18,32	24,27	21,03
Polpa de citruss peletizada <i>Pelleted citrus pulp</i>	10,65	10,66	10,83	10,78	10,66
Mineral e Vitaminas ² <i>Minerals and vitamins²</i>	3,26	3,25	3,29	3,28	3,25
Caroço de Algodão <i>Cottonseed</i>	10,91	10,89	11,02	--	10,89
Farelo de Soja <i>Soybean meal</i>	11,25	11,24	19,04	12,90	10,04
Soja tostada <i>Toasted soybean</i>	--	--	--	11,03	--
Uréia <i>Urea</i>	--	1,11	--	--	--
Farelo de glúten de milho <i>Corn gluten meal</i>	--	--	--	--	5,96

¹C: controle; U: uréia; FS: farelo de soja; ST: soja tostada; FGM: farelo de glúten de milho (C: control; U: urea; FS: soybean meal; ST: toasted soybean; FGM: corn gluten meal). ²Mistura mineral contendo 23% de bicarbonato de sódio (*Mineral mixture containing 23% sodium bicarbonate*).

O período experimental teve duração de 70 dias, subdivididos em subperíodos de 14 dias, sendo a colheita de dados e de amostras realizada nos últimos quatro dias de cada subperíodo. As vacas foram alojadas em baias individuais e ordenhadas duas vezes ao dia (6h e 18h), e a produção de leite foi registrada em cada ordenha durante os quatro dias de cada subperíodo de colheita. Também foram tomadas amostras de leite, por meio de medidores modelo MARK5 (De Laval), as quais foram preservadas com 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol e compostas por dia, para análise de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e contagem de células somáticas pelo processo de infravermelho por meio do analisador Bentley 2000 (Bentley Instruments®), junto ao Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da Esalq/USP.

As vacas foram alimentadas *ad libitum* duas vezes ao dia (6h e 17h), permitindo-se uma sobra de 5 a 10%, as quais foram pesadas e descartadas diariamente antes do arração vespertino. Cada ingrediente da dieta foi amostrado separadamente para posterior cálculo da composição químico-bromatológica da dieta. Amostras das sobras foram colhidas e compostas por vaca e subperíodo para análise químico-bromatológica.

Foram colhidas amostras de fezes diretamente do reto dos animais durante os quatro dias do período de colheita, com intervalos de oito horas, adiantando-se uma hora por dia. As amostras de fezes foram compostas por vaca e por período, sendo congeladas a -10°C e, posteriormente, secas a 55°C e moídas em peneira com malha de 1 mm para análise subsequente.

Amostras de alimento, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), cinzas e proteína bruta de acordo com metodologias preconizadas pelo AOAC (1990); fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina, de acordo com os métodos propostos por Van Soest *et al.* (1991).

A lignina foi utilizada como marcador interno, possibilitando a determinação da digestibilidade aparente no trato digestivo total da MS e demais nutrientes das dietas, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Digestibilidade (\%)} = 100 - \left(\frac{100 \times \% \text{ lignina no alimento} \times \% \text{ do nutriente nas fezes}}{\% \text{ lignina nas fezes} \times \% \text{ do nutriente no alimento}} \right)$$

Amostras de sangue da veia coccígea foram colhidas em tubos de ensaio com fluoreto de sódio como anticoagulante e oxalato de potássio como antiglicolítico. As colheitas foram realizadas no primeiro dia de cada subperíodo, e realizadas três amostragens com intervalos de 3h. As amostras foram então centrifugadas a 2.000 x g, durante 15 minutos, e o plasma foi armazenado a -10°C. As determinações de N-uréico plasmático foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962), e adaptado para placas de microtítulo e leitura em leitor de microplaca (Elisa Reader) com filtro de 550 nanômetros. As determinações das concentrações de glicose plasmática foram realizadas por meio de leitura direta em auto-analisador bioquímico (Biochemistry Analyzer YSI 2700, Yellow Spring, OH).

Os resultados foram avaliados por meio do PROC GLM do programa estatístico SAS (1991). A comparação das médias foi realizada pelo teste de Tukey, declarando-se significância a 5% de probabilidade. A análise da variância da ingestão de MS, da eficiência alimentar, da produção e composição do leite, dos parâmetros ruminais e sanguíneos foi realizada comparando-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade sendo que, para os parâmetros ruminais e sanguíneos, a análise da variância foi realizada para cada tempo de colheita. Os parâmetros ruminais foram analisados dentro dos tempos de colheita 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22 e os parâmetros sanguíneos (uréia e glicose plasmática), dentro dos tempos de coleta 0, 3 e 6.

Resultados e discussão

Os valores de composição químico-bromatológica encontram-se na Tabela 2 e estão de acordo com os valores de tabela do NRC (2001). Os teores de PB e energia líquida de lactação (EL_{Lac}) das dietas foram próximos ao planejado, sendo os tratamentos uréia, soja tostada, farelo de soja e farelo de glúten de milho isoprotéicos e isoenergéticos, enquanto o tratamento controle apresentou o menor teor PB. À exceção do tratamento com soja tostada, que apresentou FDA de 17,34%, os tratamentos encontraram-se dentro do limite de valores mínimos de FDA e FDN, recomendados pelo NRC (2001) em dietas de vacas em lactação (19 e 25%, respectivamente).

A ingestão de MS, produção de leite, leite corrigido para gordura e o corrigido para proteína não foram afetados ($p > 0,05$) pelo teor ou pela fonte de proteína (Tabela 3), concordando com experimentos nos quais o farelo de soja foi

comparado com a soja tostada (McNiven *et al.*, 1994), o farelo de glúten de milho (Higginbotham *et al.*, 1989; Arieli *et al.*, 1996) e a uréia (Broderick *et al.*, 1993). A revisão de Santos *et al.* (1998a) demonstrou que, de maneira geral, a fonte de proteína da dieta não afeta o consumo de matéria seca.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica das dietas experimentais (%MS).

Table 2. Chemical composition of experimental diets (%DM).

Composição Química Chemical composition	Tratamentos ¹ Treatments ¹				
	C	U	FS	ST	FGM
Matéria Seca Dry Matter	52,03	52,08	51,72	51,74	52,09
Cinzas Ash	7,31	7,29	7,72	7,54	7,25
Proteína Bruta Crude Protein	13,40	16,35	16,64	16,36	16,35
Proteína não-degradável no rúmen Rumen undegradable protein	39,56	32,03	37,37	42,85	42,75
Amido Starch	32,47	31,68	26,43	31,21	30,18
Extrato Etéreo Ether Extract	4,21	4,16	4,04	4,43	4,06
Fibra em Detergente Neutro Neutral detergent fiber	28,86	28,74	29,74	25,46	28,34
Fibra em Detergente Ácido Acid detergent fiber	19,84	19,80	20,71	17,34	19,82
Lignina Lignin	3,08	3,07	3,11	2,22	3,06
Energia Líquida _{lac} ² Net Energy _{lac} ²	1,75	1,72	1,74	1,73	1,75

¹C: controle; U: uréia; FS: farelo de soja; ST: soja tostada; FGM: farelo de glúten de milho (C: control; U: urea; FS: soybean meal; ST: toasted soybean; FGM: corn gluten meal). ²Calculados de acordo com resultados de tabela do NRC (1988), exceto a PNDR da ST, que foi baseada nos valores de Grummer *et al.* (1996) (Calculated according to the NRC (1988) table data, except for toasted soybean rumen undegradable protein, which was based on Grummer *et al.* (1996) values).

Das fontes suplementares ricas PNDR, a proteína da soja e da farinha de peixe são as que mais apresentam chances de aumentar a produção de leite de vacas de alta produção (Santos *et al.*, 1998b), em virtude do seu perfil de aminoácidos. Entretanto, as respostas são mais consistentes e mais expressivas em dietas contendo, principalmente, silagem de alfafa como volumoso, devido ao baixo teor de PNDR deste alimento. No presente trabalho, as fontes ricas em PNDR não aumentaram a produção de leite.

Santos *et al.* (1998b) sugeriram que vacas alimentadas com dietas ricas em amido degradável no rúmen devem responder menos ao aumento de PNDR devido ao maior estímulo à síntese de proteína microbiana; e que vacas com produção de leite inferior a 30 kg dia⁻¹ de leite não são beneficiadas com o uso de fontes ricas em PNDR. No presente estudo, os animais apresentaram médias de produção de leite de 27,6 kg dia⁻¹, recebendo dieta com alto teor de amido degradável no rúmen (acima de 28%).

A eficiência alimentar também não foi alterada (p > 0,05) pela fonte protéica ou pelo teor de PB na

dieta. Esses dados estão de acordo com o NRC (2001) que sugerem teores de PB da dieta ao redor de 13,5 a 14,5% para vacas produzindo entre 26 a 28 kg dia⁻¹.

Tabela 3. Efeito de dietas contendo diferentes fontes protéicas sobre a ingestão de MS, produção de leite, eficiência alimentar e composição do leite.

Table 3. Effect of diets with different protein sources on DM intake, milk production, feed efficiency and milk composition.

Parâmetro Parameter	Tratamentos ¹ Treatments ¹					CV %
	C	U	FS	ST	FGM	
Ingestão de MS, kg dia ⁻¹ Dry matter intake, kg day ⁻¹	19,31	19,57	17,99	18,46	19,21	8,19
Produção de Leite, kg dia ⁻¹ Milk production, kg day ⁻¹	27,68	26,49	27,48	28,26	28,17	7,16
Produção de Leite Corrigida ² , kg dia ⁻¹ Fat corrected milk, kg day ⁻¹	25,00	24,75	25,09	25,33	26,82	8,85
Eficiência Alimentar Feed efficiency	1,43	1,36	1,55	1,53	1,47	8,12
Composição do leite Milk composition						
Teor de proteína, % Protein content, %	2,99 ^{ab}	3,02 ^a	2,92 ^{ab}	2,80 ^b	3,05 ^a	3,52
Produção de proteína, kg dia ⁻¹ Protein yield, kg day ⁻¹	0,82	0,81	0,81	0,79	0,86	7,85
Teor de gordura, % Fat content, %	2,90	2,94	2,96	2,87	3,20	6,14
Produção de gordura, kg dia ⁻¹ Fat yield, kg day ⁻¹	0,80	0,80	0,82	0,81	0,90	10,07

¹C: controle; U: uréia; FS: farelo de soja; ST: soja tostada; FGM: farelo de glúten de milho (C: control; U: urea; FS: soybean meal; ST: toasted soybean; FGM: corn gluten meal). ²Produção de leite corrigido para 3,5% de gordura = (16,218 x produção de gordura) + (0,4337 x produção de leite) (Fat corrected milk (3.5% fat) = (16,218 x fat production) + (0,4337 x milk production)). ^{abc}Médias na mesma linha seguidas de letra diferem entre si p < 0,05 (Values with different superscripts on the same row differ at p < 0.05).

A porcentagem e a produção de proteína do leite não foram alteradas (p > 0,05) pelo teor de PB da dieta (13,4 vs. 16%), porém houve diferenças quanto à fonte. O tratamento com soja tostada apresentou teor de proteína no leite inferior (p < 0,05) aos tratamentos com uréia e farelo de glúten de milho e similar ao controle e farelo de soja (Tabela 3). Em outros trabalhos, a porcentagem de proteína do leite foi negativamente afetada pelo fornecimento de soja tostada, quando comparado ao fornecimento de farelo de soja (McNiven *et al.*, 1994; Pires *et al.*, 1996), sendo este efeito atribuído, em parte, ao elevado teor de lipídeo da soja em grão. Entretanto, neste estudo, tentou-se eliminar esse efeito por meio do uso de caroço de algodão nas demais dietas, tornando todos os tratamentos similares em porcentagem de lipídeo total (Tabela 2). O processo de tostagem da soja provavelmente foi o responsável pela redução na porcentagem de proteína do leite do tratamento com soja tostada. Este processo protege a proteína da soja, e pode afetar a disponibilidade de alguns aminoácidos essenciais, como lisina e metionina, e, conseqüentemente reduzir a síntese de proteína do leite (Schwab, 1994).

O teor e fonte de proteína da dieta não alteraram (p > 0,05) o teor e produção de gordura do leite, corroborando os resultados reportados na literatura, quando o farelo de soja foi comparado à soja tostada

(McNiven *et al.*, 1994; Pires *et al.*, 1996), ao farelo de glúten de milho (Higginbotham *et al.*, 1989; Robinson *et al.*, 1991) e à uréia (Casper *et al.*, 1990; Broderick *et al.*, 1993). Entretanto, Imaizumi *et al.* (2002) observaram aumento no teor de gordura do leite de vacas recebendo dieta com 10,5% PB, contendo uréia como fonte exclusiva de proteína, em comparação com dietas com 13,7% PB contendo uréia ou farelo de soja como fonte exclusiva de proteína. Dentre as fontes disponíveis com altos teores de PNDR, a farinha de peixe é a fonte que mais freqüentemente deprime a porcentagem de gordura do leite (Santos *et al.*, 1998a), demonstrando que dietas com teores de PNDR semelhantes podem afetar diferentemente o desempenho de vacas, devido, principalmente, ao perfil de aminoácidos destas fontes.

A fonte e o teor de proteína não afetaram ($p > 0,05$) as digestibilidades da matéria seca e da matéria orgânica das dietas, como ilustra a Tabela 4. Tendência semelhante foi encontrada em outros trabalhos de literatura, ao comparar farelo de soja com soja tostada (Bernard *et al.*, 1992), com farelo de glúten de milho (Klusmeyer *et al.*, 1990; Arieli *et al.*, 1996) e com uréia (Santos *et al.*, 1998b). Entretanto, os valores de digestibilidade da MS, verificados neste estudo, encontram-se ligeiramente abaixo dos normalmente relatados na literatura. Isto se deve provavelmente à baixa digestibilidade do FDN observada e ao efeito negativo da suplementação de lipídeo (Keery e Amos, 1993). Os valores observados para o tratamento com soja tostada também podem ser em resposta ao processo de tostagem (Reddy *et al.*, 1994).

As digestibilidades aparentes da PB das dietas-controle e soja tostada foram inferiores ($p < 0,05$) às dietas uréia, farelo de soja e farelo de glúten de milho (Tabela 4). A menor digestibilidade do tratamento controle deve-se ao menor teor de PB da dieta (13,4%) comparado aos demais tratamentos (16%), semelhante ao reportado por Klusmeyer *et al.* (1990). Entretanto, a menor digestibilidade da PB observada no tratamento com soja tostada se deveu, provavelmente, ao processamento de tostagem da soja, que pode ter super protegido a proteína, tornando-a menos disponível à digestão (Reddy *et al.*, 1994).

A digestibilidade do amido não foi afetada ($p > 0,05$) por teor e fonte de proteína, semelhantemente ao reportado por Santos *et al.* (1998b), que não observaram efeito da substituição do farelo de soja por uréia sobre a digestibilidade do amido.

O teor de PB da dieta e a fonte protéica não

afetaram ($p > 0,05$) a digestibilidade aparente do FDN, concordando com os resultados de literatura, nos quais não foram identificados efeitos quando o farelo de soja foi comparado ao farelo de glúten de milho (Klusmeyer *et al.*, 1990) e a uréia (Santos *et al.*, 1998b). Os valores de digestibilidade do FDN observados foram inferiores aos encontrados na literatura, provavelmente, devido à inclusão de milho floculado somado à utilização de sementes oleaginosas (caroço de algodão e soja tostada). Fontes com alta degradabilidade ruminal, como milho floculado, podem reduzir a digestibilidade do FDN em 14,1%. Simas *et al.* (1998) forneceram dietas contendo grão floculado somada à suplementação de lipídeo, e observaram digestibilidade total do FDN próxima a 33,9%, similar aos valores encontrados neste estudo.

Tabela 4. Efeito das fontes protéicas sobre a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, amido e fibra em detergente neutro.

Table 4. Effect of different protein sources on dry matter, organic matter, crude protein, starch and neutral detergent fiber digestibility.

Digestibilidade (%) Digestibility (%)	Tratamentos ¹ Treatments ¹					CV %
	C	U	FS	ST	FGM	
Matéria Seca Dry matter	57,88	60,62	63,40	58,12	60,04	6,67
Matéria Orgânica Organic matter	59,79	62,24	65,48	59,83	61,67	5,97
Proteína Bruta Crude protein	50,40 ^b	59,81 ^a	58,13 ^a	51,01 ^b	60,31 ^a	5,77
Amido Starch	91,17	91,69	91,43	90,97	91,30	1,15
Fibra Detergente Neutro Neutral Detergent Fiber	36,84	32,18	35,26	33,19	32,74	11,46

¹C: controle; U: uréia; FS: farelo de soja; ST: soja tostada; FGM: farelo de glúten de milho (C: control; U: urea; FS: soybean meal; ST: toasted soybean; FGM: corn gluten meal). ^{abc}Médias na mesma linha seguida de letra diferem entre si $p < 0,05$ (Values with different superscripts on the same row differ at $p < 0,05$).

Os valores médios da concentração de uréia plasmática do tratamento uréia foram superiores aos observados no tratamentos controle e farelo de soja, três horas após o oferecimento da dieta; e aos tratamentos controle, farelo de soja, soja tostada e farelo de glúten de milho, seis horas após o oferecimento da dieta (Tabela 5). O aumento considerável da concentração de uréia plasmática do tratamento uréia foi um reflexo do aumento de concentração de amônia ruminal (Tabela 5) duas horas após o fornecimento da dieta. Entretanto, em experimento em que o farelo de soja foi substituído parcialmente por uréia não foi verificado efeito de fonte de proteína sobre a concentração de uréia plasmática (Casper *et al.*, 1990), ocorrendo aumento na concentração deste metabólito somente quando a substituição foi total (Broderick *et al.*, 1993). Experimentos em que o farelo de soja foi substituído parcialmente por uréia (Casper e Schingoethe, 1986;

Casper *et al.*, 1990) não evidenciaram efeito de fonte de proteína sobre a concentração de uréia plasmática, entretanto quando em substituição total (Broderick *et al.*, 1993), observou-se maior concentração de uréia plasmática nas dietas com uréia.

A concentração de glicose plasmática não foi afetada ($p > 0,05$) por teor e fonte de proteína na dieta, concordando com os resultados de experimentos, em que o farelo de soja foi comparado com a soja tostada (Mohamed *et al.*, 1988; Pires *et al.*, 1996), com o farelo de glúten de milho (Higginbotham *et al.*, 1989; Robinson *et al.*, 1991) e com a uréia (Broderick *et al.*, 1993).

Tabela 5. Concentração de glicose e uréia plasmática de acordo com o tempo após o fornecimento de dietas com diferentes fontes de proteína.

Table 5. Glucose and plasma urea-N concentration according to time after feeding diets with different protein sources.

Tempo Time	Tratamentos ¹ Treatments ¹					CV %
	C	U	FS	ST	FGM	
Glicose plasmática Plasma glucose						
0	46,48	43,42	55,44	48,78	46,64	18,73
3	49,28	48,58	48,03	49,22	41,50	21,33
6	52,28	57,14	52,20	51,58	54,66	10,70
N-Urêico plasmático Plasma Urea-N						
0	12,26	11,10	12,70	15,74	12,18	23,69
3	8,73 ^b	15,26 ^a	10,77 ^b	11,81 ^{ab}	12,53 ^{ab}	18,38
6	7,08 ^c	17,78 ^a	11,90 ^b	11,58 ^b	13,06 ^b	17,13

¹C: controle; U: uréia; FS: farelo de soja; ST: soja tostada; FGM: farelo de glúten de milho (C: control; U: urea; FS: soybean meal; ST: toasted soybean; FGM: corn gluten meal). ^{abc}Médias na mesma linha seguidas de letra diferem entre si $p < 0,05$ (Values with different superscripts on the same row differ at $p < 0,05$).

Há citações de que um excesso de amônia ruminal poderia afetar o metabolismo de glicose (NRC, 1988); entretanto, apesar de o tratamento com uréia ter apresentado altas concentrações de amônia no rúmen, a concentração de glicose plasmática manteve-se inalterada. O metabolismo da glicose não foi comprometido pela concentração de amônia no rúmen, pois, apesar de o tratamento com uréia apresentar altos teores de amônia no rúmen e de uréia plasmática, a concentração de glicose plasmática manteve-se inalterada.

Conclusão

Para vacas produzindo ao redor de 26 a 28 kg de leite dia⁻¹, não houve benefício em se aumentar o teor de proteína bruta da dieta de 13,4 para 16,5%, seja por meio de fontes ricas em nitrogênio não-protéico, proteína degradável no rúmen ou ricas em proteína não-degradável no rúmen. Estes resultados indicam que as recomendações do NRC (2001) para os teores de proteína bruta e de proteína não-degradável no rúmen em dieta para vacas

produzindo ao redor de 26 a 28 kg dia⁻¹ são adequadas.

Referências

- AOAC-Association of Official Analytical Chemists International. *Official methods of analysis*. 15th ed. Arlington, 1990.
- ARIELI, A. *et al.* Effect of degradation of organic matter and crude protein on ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 79, p. 1774-1780, 1996.
- BERNARD, J.K. *et al.* Effect of feeding raw or roasted whole soybeans with or without niacin supplementation to Jersey cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 75, p. 299, 1992.
- BRODERICK, G.A. *et al.* Urea versus true protein as supplement for lactating dairy cows fed grain plus mixtures of alfalfa and corn silages. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 76, p. 2266-2274, 1993.
- CASPER, D.P.; SCHINGOETHE, D.J. Evaluation of urea and dried whey in diets of cows during early lactation. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 69, p. 1346-1354, 1986.
- CASPER, D.P. *et al.* Response of early lactation dairy cows fed diets varying in source of nonstructural carbohydrate and crude protein. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 73, p. 1039-1050, 1990.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.*, Danvers, v. 8, p. 130-137, 1962.
- FALDET, M.A. *et al.* Chemical, in vitro, and in situ evaluation of heat-treated soybean protein. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, p. 2548-2554, 1991.
- GRUMMER, R.R. *et al.* Soybeans versus animal sources of rumen-undegradable protein and fat for early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 79, p. 1809-1816, 1996.
- HIGGINBOTHAM, G.E. *et al.* Influence of dietary protein concentration and degradability on performance of lactating cows during hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 72, p. 2554-2564, 1989.
- IMAIZUMI, H. *et al.* Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína na dieta sobre desempenho, fermentação ruminal e parâmetros sanguíneos de vacas da raça Holandesa em final de lactação. *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1031-1037, 2002.
- KEERY, C.M.; AMOS, H.E. Effects of source and level of undegraded intake protein on nutrient use and performance of early lactation cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 76, p. 499-513, 1993.
- KLUSMEYER, T.H. *et al.* Effects of source and amount of protein on ruminal fermentation and passage of nutrients to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 73, p. 3526-3537, 1990.
- McNIVEN, M.A. *et al.* Evaluation of a new high protein variety of soybean as a source of protein and energy for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 77, p. 2605-2613, 1994.
- MOHAMED, O.E. *et al.* Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy*

- Sci.*, Savoy, v. 71, p. 2677-2688, 1988.
- NRC-National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6th ed., Washington, D.C.: National Academy of Science, 1988.
- NRC-National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 2001.
- PIEPENBRINK, M.S.; SCHINGOETHE, D.J. Ruminant degradation, amino acid composition, and estimated intestinal digestibilities of four protein supplements. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 81, p. 454-461, 1998.
- PIRES, A.V. *et al.* Roasted soybeans, blood meal, and tallow as sources of fat and ruminally undegradable protein in the diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 79, p. 1603-1610, 1996.
- REDDY, P.V. *et al.* Release of free fatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 77, p. 3410-3416, 1994.
- ROBINSON, P.H. *et al.* Influence of rumen undegradable protein levels on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, p. 1623-1631, 1991.
- SANTOS, F.A.P. *et al.* Milk yield and composition of lactating cows fed steam-flaked sorghum and graded concentrations of ruminally degradable protein. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 81, n. 1, p. 215-220, 1998a.
- SANTOS, F.A.P. *et al.* Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 81, n. 12, p. 3182-3213, 1998b.
- SANTOS, F.P.; HUBER, J.P. Quality of bypass proteins fed to high-producing cows is important. *Feedstuffs*, Minnetonka, v. 68, n. 34, p. 12-15, 1996.
- SAS-Statistical Analyses System. *Users' guide: statistics*. 5th ed. Cary: SAS Inst., 1991.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *Brit. J. Nutr.*, London, v. 32, n. 2, p. 199-208, 1974.
- SCHWAB, C.G. Optimizing amino acid nutrition for optimum yields of milk and milk protein. In: *SOUTHWEST NUTRITION MANAGEMENT*, 1994, Tucson. *Proceedings...*Tucson: University of Arizona, 1994. p. 114-129.
- SCHWAB, C.G. *et al.* Response of lactating cows to abomasal infusion of amino acids. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 59, p. 1254-1270, 1976.
- SIMAS, J.M.C. *et al.* Influence of sorghum grain processing on performance and nutrient digestibilities in dairy cows fed varying concentrations of fat. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 81, p. 1966-1971, 1998.
- THEURER, C.B. *et al.* Invited review: summary of steam-flaking corn or sorghum grain for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 82, p. 1950-1959, 1999.
- VAN SOEST, P.J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 74, p. 3583-3596, 1991.

Received on August 21, 2006.

Accepted on July 27, 2007.