

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO FARELO DE SOJA POR DIFERENTES FONTES NITROGENADAS EM DIETAS A BASE DE CANA DE AÇÚCAR NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS LEITEIRAS

Juliane de Rezende Naves¹

Elmeson Ferreira de Jesus²

Juliana Regina Barreiro³

Marcos André Arcari³

Cristian Marlon de Magalhães Rodrigues Martins⁴

Marcos Veiga dos Santos⁵

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do uso de fontes nitrogenadas com diferentes taxas de degradabilidade ruminal em dietas de vacas leiteiras, utilizando volumoso à base de cana-de-açúcar, sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, a produção e a composição e frações proteicas do leite. Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa, agrupadas em três quadrados latinos contemporâneos 4x4, com período de 21 dias, sendo os 14 primeiros destinados à adaptação às dietas e os demais para coletas. As vacas foram alimentadas com quatro dietas isoproteicas (157 g de PB/kg MS) com as seguintes fontes nitrogenadas principais: a) Controle (C) - farelo de soja e baixa inclusão de ureia; b) Alta degradabilidade (AD) – farelo de soja e alto teor de ureia (17,1 g/ kg de MS); c) Média degradabilidade (MD) – grão de soja cru e d) Baixa degradabilidade (BD) – farelo de glúten de milho. Foram coletadas amostras de leite do 18º ao 21º de cada período para a determinação da composição e das frações proteicas do leite. A inclusão de grão de soja na dieta em substituição parcial ao farelo de soja aumentou o consumo de extrato etéreo, reduziu a digestibilidade da proteína, o que resultou em menor produção de leite e produção de sólidos totais do leite, em comparação as vacas alimentadas com as demais dietas. Diferentemente, a substituição parcial do farelo de soja por ureia ou glúten de milho não alterou a digestibilidade e a produção de leite em relação ao controle. No entanto, vacas alimentadas com a dieta controle (farelo de soja e baixa inclusão de ureia) produziram mais proteína bruta e proteína verdadeira do leite, do que as vacas alimentadas com as demais dietas. Desta forma, pode-se incluir 17,1 ou 10,2 g/Kg de MS de ureia ou glúten de milho, respectivamente, em substituição parcial ao farelo de soja na dieta sem que ocorra alteração na produção de leite de vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar como única fonte de volumoso.

Palavras-chave: consumo, digestibilidade, fontes proteicas, produção e composição do leite, vacas leiteiras.

¹ Doutoranda do Departamento de Reprodução Animal pela Universidade de São Paulo.

² Doutorado do programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho FCAV-UNESP Jaboticabal

³ Doutoranda no Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP.

⁴ Mestrando em Nutrição e Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – USP.

⁵ Professor Associado do Departamento de Nutrição e Produção Animal-VNP da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP. Contato principal para correspondência

PARTIAL REPLACEMENT OF SOYBEAN MEAL BY DIFFERENT NITROGEN SOURCES IN DIETS BASED ON SUGARCANE AS FORAGE TO FEEDING OF DAIRY COWS

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen sources with different rates of degradability in diets of dairy cows, using sugarcane as forage, on intake, nutrient digestibility, production and composition and fractions milk protein. Twelve Holstein cows were grouped into three contemporary 4x4 Latin Square, with an experimental period of 21 days, of which the first 14 days for adaptation to the diets and the other for sampling. The cows were fed four isonitrogenous diets (157 g CP/kg DM) with the following main nitrogen sources: a) Control (C) - Soybean meal and low inclusion of urea b) High degradability (AD) – Soybeans meal and high urea content (17.1 g/kg DM), c) Medium degradability (MD) - Raw soybeans d) Low degradability (BD) - Corn gluten meal . Samples of milk from 18 to 21 day of each experimental period were collected to determine the composition and milk protein fractions. The inclusion of soybean in the diet on partial replacement of soybean meal increased the ether extract intake, reduced digestibility of protein, which resulted in lower milk production and production of milk total solids, compared to cows fed the other diets. In contrast, the partial replacement of soybean meal by urea or corn gluten meal did not affect the digestibility and milk production compared to control. However, cows fed the control diet (soybean meal and low inclusion of urea) produced more crude protein and true protein of milk than cows fed the other diets. Therefore, it can be included 17.1 or 10.2 g / kg DM of urea or corn gluten, respectively, in partial replacement of soybean meal in the diet of dairy cows fed sugarcane as forage without alteration on milk production.

Keywords: intake, digestibility, protein, milk yield and composition, dairy cows.

SUSTITUCIÓN PARCIAL DE LA HARINA DE SOJA POR DIFERENTES FUENTES DE NITRÓGENO EN DIETAS A BASE DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS VACAS LECHERAS

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de fuentes de nitrógeno con diferentes tasas de degradabilidad en dietas de vacas lecheras, con caña de azúcar como forraje, sobre el consumo, la digestibilidad de los nutrientes, producción y la composición y fracciones de proteína de la leche. Se utilizaron 12 vacas Holstein agrupadas en tres 4x4 Cuadrados Latinos contemporáneos, con período experimental de 21 días, siendo los primeros 14 para adaptación a las dietas y los otros días para colectas de datos. Las vacas fueron alimentadas con cuatro dietas isonitrogenadas (157 g PC/kg MS) con las siguientes principales fuentes de nitrógeno: a) Control (C) - Harina de soja y baja inclusión de urea; b) Alta degradabilidad (AD) – Harina de soja y alto contenido de urea (17,1 g/kg MS), c) Media degradabilidad (MD) – Grano de soja d) baja degradabilidad (BD) - harina de gluten de maíz. Se recolectaron muestras de leche del día 18 al 21 de cada periodo para determinar la composición y las fracciones de proteína de la leche. La inclusión de grano entero de soja en la dieta en sustitución parcial de la harina de soja incrementó el consumo de extracto etéreo, redujo la digestibilidad de la proteína, que se reflejó en una menor producción de leche y en una menor producción de solidos totales de la leche, en comparación con las vacas alimentadas con las otras dietas. En contraste, la sustitución parcial de la harina de soja por urea o harina de gluten de maíz no

afectó la digestibilidad y la producción de leche en comparación con la dieta control. Sin embargo, las vacas alimentadas con la dieta control (harina de soja y baja inclusión de urea) produjo más proteína cruda y proteína verdadera de la leche de que vacas alimentadas con las otras dietas. De esta manera, se puede incluir 17,1 o 10,2 g/kg de MS de urea o de gluten de maíz, respectivamente, en sustitución parcial de la harina de soja en la dieta sin alteración en la producción de leche de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar como la única fuente de fibra de la dieta.

Palabras clave: consumo, digestibilidad, proteínas, producción y composición de la leche, vacas lecheras.

INTRODUÇÃO

Os sistemas atuais de nutrição proteica para vacas leiteiras subdividem as fontes nitrogenadas da dieta em proteína degradável (PDR) e não degradável no rúmen (PNDR) (1). A proteína degradável juntamente com os carboidratos dietéticos são substratos para o crescimento dos micro-organismos ruminais. No entanto, quando o teor de proteína degradável da dieta excede a capacidade de utilização do nitrogênio pela microbiota do rúmen, a proteína é degradada até amônia, absorvida, metabolizada a ureia no fígado e excretada na urina (2). Desta forma, adequar as fontes nitrogenadas da dieta de acordo com o crescimento dos micro-organismos ruminais pode reduzir as perdas de nitrogênio pela urina e os custos de alimentação, sem que a produção de leite seja reduzida, resultando em um sistema de produção mais econômico e sustentável.

Para o adequado fornecimento de proteína degradável no rúmen, fatores como a produção de leite e as fontes dietéticas de carboidratos devem ser levados em consideração. Em países tropicais, para alimentação de vacas de baixa a média produção de leite, a cana-de-açúcar representa uma importante fonte de volumoso em razão da elevada produção de matéria seca (MS) em período de escassez de outras importantes espécies forrageiras. Adicionalmente, a cana de açúcar apresenta alta concentração de carboidratos solúveis, fonte energética prontamente disponível para o crescimento microbiano no rúmen (3,4).

No entanto, a cana de açúcar apresenta limitações como o baixo teor de minerais e proteínas, e a reduzida digestibilidade da fração fibrosa (5-8). Para elevar o teor proteico da dieta, o farelo de soja e a uréia são as principais fontes dietéticas de nitrogênio utilizadas na alimentação de ruminantes. Alternativamente, demais fontes nitrogenadas de menor degradabilidade ruminal, como o grão de soja, caroço de algodão e farelo de glúten de milho podem substituir parcialmente o farelo de soja na dieta de vacas leiteiras (1,2). Desta forma, a combinação destes ingredientes na dieta de vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar como volumoso, pode contribuir para aperfeiçoar a eficiência de síntese de proteína microbiana, reduzir os custos da dieta e aumentar a flexibilidade de escolha dos nutrientes nitrogenados de acordo com a disponibilidade e o preço característico de cada região geográfica do país nas diferentes épocas do ano.

Estudos prévios avaliaram a substituição da silagem de milho por cana de açúcar (4,9-11), o teor proteico (8,12) e a inclusão de uréia (6,7) em dietas a base de cana de açúcar para alimentação de ruminantes. No entanto, são escassos os estudos que avaliaram fontes nitrogenadas de diferentes taxas de degradação ruminal em dietas contendo cana de açúcar como único volumoso para alimentação de vacas leiteiras. Desta forma, o presente estudo objetivou avaliar os efeitos da substituição parcial do farelo de soja por ureia, grão de soja cru integral e farelo de glúten de milho, em dietas de vacas em lactação alimentadas com cana de açúcar como fonte exclusiva de volumoso, sobre a produção, composição e as frações nitrogenadas do leite.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas doze vacas Holandesas adultas ($3 \pm 0,9$ lactações), com 150 ± 46 dias em lactação, peso corporal médio de 581 ± 60 kg e produção média de leite de $16,86 \pm 3,95$ kg/vaca/dia. As vacas foram ordenhadas mecanicamente duas vezes/dia e alojadas em baias individuais (12 m^2), para avaliação individual do consumo de alimentos. As vacas foram agrupadas em três quadrados latinos 4×4 , contemporâneos e balanceados de acordo com dias em lactação e produção de leite. O experimento foi constituído por quatro períodos de 21 dias cada, sendo os 14 primeiros dias de adaptação às dietas e os demais para coleta de amostras e de dados.

As dietas (Tabela 1) foram formuladas segundo National Research Council (1) para serem isoproteicas ($157 \text{ g de PB/Kg MS}$), e fornecidas em duas refeições diárias na forma de mistura completa, com relação volumoso:concentrado de 45:55. Foram utilizadas as seguintes fontes nitrogenadas em substituição parcial ao farelo de soja: controle (C): farelo de soja e ureia; alta degradabilidade (AD): farelo de soja e alta concentração de ureia ($17,1 \text{ g/kg de MS}$); média degradabilidade (MD): grão de soja cru; baixa degradabilidade (BD): farelo de glúten de milho. As vacas foram alimentadas *ad libitum* duas vezes ao dia (8 e 15 horas) após as ordenhas. Foi usada cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) variedade IAC86-2480 como volumoso. A cana-de-açúcar apresentou valor médio de $16^\circ \text{ Brix}^\circ$ ao início do estudo, cuja determinação foi realizada em refratômetro manual (Handheld[®], refratômetro modelo RHBO-90). A cana-de-açúcar foi colhida manualmente picada sem retirada da palha, em tamanho médio de partícula de 1 a 2 cm. (Picadora – marca Nogueira, modelo EM-9F3B).

A ingestão de MS foi ajustada diariamente a partir do percentual de sobras do dia anterior, de forma a permitir sobras entre 5 e 10% do total fornecido. Durante todo o período experimental, foram registradas as quantidades do volumoso e do concentrado fornecidos e das sobras de cada animal, assim como coletas de amostras de cana de açúcar, dos ingredientes do concentrado, fezes e das sobras. As amostras de cana-de-açúcar, sobras e fezes foram pré-secadas em estufa com ventilação forçada ($60^\circ\text{C}/72$ horas) e processadas em moinho de facas com peneiras de porosidade 2 mm (marca Marconi, modelo MA 048). As amostras das dietas fornecidas e das sobras foram armazenadas a -20°C até a realização das seguintes análises de acordo com a AOAC (13): matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB). As análises para determinação dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), Fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizadas segundo Van Soest e Mason (14). A determinação de FDN foi de acordo com as adaptações descritas por Mertens (15), usando α -amilase e sem adição de sulfato de sódio em um sistema Ankon[®] (13). O teor de carboidratos não fibrosos foi calculado segundo Hall (16) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados conforme o NRC (1).

Para a determinação da digestibilidade aparente total da MS e dos nutrientes, a quantidade total de MS fecal excretada foi estimada pela concentração de fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). As fezes foram coletadas no 15º e 16º dias de cada período, diretamente do reto, momentos antes e seis horas após a alimentação, e armazenadas a -20°C . Ao final de cada período de coleta foi feita uma amostra composta por animal.

Tabela 1. Proporção de ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais.

Ingredientes	Fontes nitrogenadas da dieta			
	Farelo de soja e uréia (controle)	Farelo de soja e alta inclusão de ureia	Grão de soja cru integral	Farelo de glúten de milho
		g/Kg de MS		
Cana de açúcar	469,5	475	475,7	479
Milho moído	303,9	335	240,1	303
Farelo de soja	164	120	64,2	123
Grão de soja	-	-	160	-
Farelo de glúten de milho	-	-	-	26,7
Ureia	10,2	17,1	7,5	10,2
Sulfate de amônia	1	1	1	0,5
Bicarbonato de sódio	7,5	7,5	7,5	6,9
Oxido de magnésio	2,7	2,7	2,7	2,7
Mistura mineral ⁴	34,7	34,8	34,8	34,8
Calcário	3,7	3,7	3,7	3,7
Sal comum	2,7	2,7	2,7	2,7
	Composição bromatológica da dieta, g/Kg de MS			
Matéria seca ¹	635,8	632	625,9	623,1
Matéria orgânica ¹	907,3	902,6	916,9	910,5
Matéria mineral	92,7	97,4	83,1	89,5
Proteína bruta	156,8	158,1	153,1	155,3
NIDA ²	16,7	14,4	15,9	14,9
NIDN ²	50	48,4	46,6	46,7
Extrato etéreo	20,9	21,3	41,4	21,3
FDN	274,6	275,9	283,5	274,8
FDA	169,3	167,5	185,4	168
Lignina	31,1	30,7	32,7	31,4
CNF ³	484	495,9	452,7	481,2
NDT ³	706	703,8	736,9	710,2

NIDA= Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; NIDN= Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; FDN= Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA= Fibra insolúvel em detergente ácido; CNF= Carboidratos não fibrosos; NDT= Nutrientes digestíveis totais;

¹g/kg Matéria natural, ²g/kg MS total de nitrogênio. ³Estimado pelo NRC (2001); ⁴Composição da Mistura Mineral em 1000 g de produto: 180 g Ca, 90 g P, 20 g Mg, 20 g S, 100 g Na, 3,000 mg Zn, 1,000 mg Cu, 1,250 mg Mn, 2,000 mg Fe, 200 mg Co, 90 mg I, 36 mg Se, 900 mg F (máximo).

Para a determinação de nutrientes indigestíveis, as amostras de sobras e dos ingredientes do concentrado foram acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT-100g/m²), com dimensões de 4x5 cm e relação de 20 mg de MS/cm², e posteriormente incubadas no rúmen por período de 288 horas, segundo adaptação de técnica descrita por Casali et al. (17). Após a incubação, os sacos foram lavados com água corrente e submetidos à secagem para obtenção da MS indigestível. Posteriormente, os sacos foram submetidos ao tratamento com detergente ácido (15), em equipamento analisador de fibra Ankon[®] para determinação de FDA_i. Após este período, as amostras foram lavadas com água quente e acetona, secos e pesados conforme procedimento anterior para determinação da FDA_i.

As vacas foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, sendo a produção de leite registrada diariamente durante todo o período experimental. A produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura (PLC) segundo fórmula de Sklan et al. (18), em que PLC = (0,432 + 0,1625 * teor de gordura do leite) * kg de leite. Durante os últimos 4 dias de cada

período (21 dias), amostras individuais de leite foram coletadas nas ordenhas da manhã e tarde para a determinação da concentração de proteína bruta (PB), proteína verdadeira (PV), caseína e nitrogênio não proteico (NNP), ureia, gordura, lactose, sólidos totais, nitrogênio ureico no leite (NUL). As análises de gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco total (EST) foram realizadas por absorção infravermelha em equipamento Bentley 2000 (Bentley Instruments Inc. Chasca, MN, USA). Adicionalmente, nas amostras de leite foram realizadas análises para determinação da concentração de nitrogênio total (NT) (13; método 33.2.11; 991.20), nitrogênio não caseinoso (NCN) (19) e nitrogênio não proteico (NNP) (13; método 33.2.12; 991.21). Para determinação da concentração de ureia e nitrogênio ureico no leite, foram utilizados kits comerciais (Laborlab® e CELM®). A concentração de nitrogênio ureico no leite foi determinada indiretamente por meio da seguinte fórmula: Nitrogênio ureico = ureia (mg/dl)/2,14.

Os resultados foram analisados pelo programa computacional Statistical Analysis System® (SAS; Versão 9.2, SAS Institute, Cary, NC) após verificação da normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias. Com a distribuição normal dos dados, o procedimento estatístico adotado foi de acordo com os efeitos principais dos tratamentos, pelo comando Proc-MIXED do SAS, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + A(Q)_k + P_l + e_{ijkl}$$

em que Y_{ijkl} = é o valor observado;

μ = média geral;

T_i = efeito fixo de tratamento i (3 GL), ;

Q_j = efeito fixo do quadrado latino j ,

$j = 1$ a 3 (2 GL);

$A(Q)_k$ = efeito aleatório do animal k dentro de cada quadrado latino, $k = 1$ a 12 (9 GL);

P_l = efeito fixo do período l ,

$l = 1$ a 4 (3 GL); e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação. Os graus de liberdade foram calculados de acordo com o método Satterthwaite (DDFM = Satterth). As médias ajustadas foram calculadas e comparadas pela opção PDIFF do “statement” LSMEANS. Para todas as análises estatísticas, significância foi declarada quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P \leq 0,10$.

RESULTADOS

Consumo e Digestibilidade Aparente Total da Matéria seca e dos Nutrientes

No presente estudo, as fontes dietéticas de nitrogênio não alteraram o consumo de matéria seca e de nutrientes, com exceção do consumo de extrato etéreo, que foi aumentado ($P=0,001$) com a inclusão de grão de soja na dieta. As vacas alimentadas com grão de soja na dieta consumiram em média 0,19 Kg/vaca/dia de extrato etéreo a mais do que as vacas alimentadas com as demais fontes nitrogenadas (Tabela 2). Desta forma, as fontes dietéticas de nitrogênio não alteram a digestibilidade aparente total da MS, MO, EE, carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF) e NDT. No entanto, com a inclusão de grão de soja na dieta a digestibilidade aparente total da proteína foi reduzida em cerca de 10 % ($P= 0,003$), quando comparada à digestibilidade observada nas vacas alimentadas com as demais fontes nitrogenadas, que não diferiram entre si (Tabela 3).

Tabela 2. Efeito de diferentes fontes nitrogenadas da dieta sobre o consumo de matéria seca e de nutrientes.

Consumo	Fontes nitrogenadas da dieta				EPM*	P
	¹ FS + ureia (controle)	¹ FS + alta inclusão de ureia	² GSCI	³ FGM		
	Kg/vaca/dia					
MS	18,74	18,6	18,48	18,53	0,34	0,94
MO	15,11	15	15,05	15,29	0,26	0,8
PB	2,67	2,64	2,61	2,68	0,05	0,58
EE	0,38 ^b	0,38 ^b	0,58 ^a	0,40 ^b	0,02	0,0001
CT	14,24	13,7	13,85	14,1	0,26	0,28
FDN	5,31	5,29	5,26	5,27	0,11	0,99
FDN _{cp}	5,1	5,12	5,09	5,11	0,11	0,10
CNF	9,51	9,38	9,16	9,37	0,18	0,46
CNF _{cp}	13,1	13	13,24	13,01	0,23	0,82
ELI ¹	28,48	28,2	28,98	28,42	0,53	0,74
	% do Peso Vivo					
MS	3,26	3,23	3,21	3,21	0,07	0,87
FDN	0,89	0,89	0,88	0,89	0,02	0,98

Médias ajustadas seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem entre si (P > 0,05). ¹FS= Farelo de soja; ²GSCI= Grão de soja cru integral; ³FGM= Farelo de glúten de milho; MS= Matéria seca; MO= Matéria orgânica; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; CT= Carboidratos totais; FDN= Fibra em detergente neutro; FDN_{cp}= FDN corrigida para cinzas e proteína; CNF= Carboidratos não fibrosos; CNF_{cp}= CNF corrigido para cinzas e proteína; ELI= Energia líquida de lactação ¹(Mcal/vaca/dia). *EPM = Erro padrão da média

Tabela 3. Efeito de diferentes fontes nitrogenadas da dieta sobre a digestibilidade aparente total da matéria seca e dos nutrientes.

Digestibilidade (g/kg MS)	Fontes nitrogenadas da dieta				EPM*	P
	¹ FS + ureia (controle)	¹ FS + alta inclusão de ureia	² GSCI	³ FGM		
MS	665,5	666,3	656,5	656,5	0,62	0,84
MO	638,3	633,0	626,6	634,1	0,78	0,94
PB	661,5 ^a	675,7 ^a	600 ^b	661,7 ^a	0,94	0,003
EE	780,1	808,8	724,3	779,3	1,18	0,08
CT	684,9	665,9	682,7	673,8	0,62	0,55
FDN	461,8	440,1	468,7	448,7	1,21	0,60
CNF	826,0	828,8	826,1	818,2	0,54	0,89
NDT	750,5	749,8	740,9	749,8	0,28	0,38

Médias ajustadas seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem entre si (P > 0,05). ¹FS= Farelo de soja; ²GSCI= Grão de soja cru integral; ³FGM= Farelo de glúten de milho; MS= Matéria seca; MO= Matéria orgânica; PB= Proteína bruta; EE= Extrato etéreo; CT= Carboidratos totais; FDN= Fibra em detergente neutro; CNF= Carboidratos não fibrosos; NDT= Nutrientes digestíveis totais.

*EPM = Erro padrão da média.

Produção, composição e frações proteicas do leite

As dietas apresentaram efeitos sobre a produção de leite (PL), produção de leite corrigida para 3,5% gordura (PCL), sólidos totais (kg/vaca/dia), produção de gordura (Kg/vaca/dia), produção de caseína (Kg/vaca/dia), teor de proteína, nitrogênio não caseinoso, caseína, proteína verdadeira e a relação caseína : proteína. A inclusão de grão de soja na dieta reduziu ($P < 0,002$) a produção de leite e a produção de leite corrigida, em relação às demais fontes nitrogenadas que não diferiram entre si. As vacas alimentadas com grão de soja na dieta apresentaram produção de leite 0,99; 1,44 e 1,82 litros/vaca/dia menor que as vacas alimentadas com a dieta controle, elevada ureia e FGM, respectivamente.

Como resposta a produção de leite, as vacas alimentadas com grão de soja na dieta produziram cerca de 12 % de gordura a menos do que as vacas alimentadas com a dieta controle e cerca de 16% menos em relação as demais dietas. Da mesma forma, a produção de sólidos totais (ST Kg/vaca/dia) foi menor para as vacas alimentadas com grão de soja na dieta. As vacas alimentadas com a dieta controle, alta ureia e FGM produziram 0,15, 0,21 e 0,25 Kg/vaca/ dia de ST a mais que as vacas que receberam grão de soja na dieta (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito de diferentes fontes nitrogenadas da dieta sobre a produção e a composição do leite.

Variável	Fontes nitrogenadas da dieta				EPM*	P
	¹ FS + ureia (controle)	¹ FS + alta inclusão de ureia	² GSCI	³ FGM		
	Kg/vaca/dia					
PL	16,93 ^a	17,38 ^a	15,94 ^b	17,76 ^a	0,30	0,002
PLC	17,40 ^a	18,06 ^a	15,09 ^b	18,34 ^a	0,33	0,0007
Gordura	0,62 ^a	0,65 ^a	0,55 ^b	0,65 ^a	0,01	0,002
Proteína	0,57	0,56	0,51	0,58	0,009	0,052
ST	2,02 ^a	2,08 ^a	1,87 ^b	2,12 ^a	0,036	0,002
	g/Kg					
Gordura	37,1	37,0	35,3	37	0,05	0,29
Proteína	34,8 ^a	32,5 ^b	33,3 ^b	32,7 ^b	0,04	0,0002
ST	121	119,5	118,9	119,8	0,069	0,54
NUL	14,87	15,42	13,00	14,52	0,51	0,21
EP	0,92	0,94	0,89	0,99	0,03	0,20

Médias ajustadas seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem entre si ($P > 0,05$). ¹FS= Farelo de soja; ²GSCI= Grão de soja cru integral; ³FGM= Farelo de glúten de milho; PL= Produção de leite; PLC= PL corrigida para 3,5% de gordura; ST= Sólidos totais; NUL= Nitrogênio ureico do leite; EP= eficiência produtiva (CMS/PL).

*EPM = Erro padrão da media.

O teor de proteína do leite foi maior para vacas alimentadas com a dieta controle, em relação às demais fontes nitrogenadas avaliadas, que não diferiram entre si. De forma semelhante, a produção de proteína verdadeira, caseína, nitrogênio não caseinoso (g/Kg dia) e a relação proteína verdadeira: caseína foram maiores para vacas alimentadas com a dieta controle em relação as demais fontes nitrogenadas avaliadas. No entanto, não houve efeito das fontes nitrogenadas nas dietas sobre eficiência produtiva, teor de sólidos totais, teor de gordura, teor de nitrogênio não proteico, ureia (mg/dl), nitrogênio ureico (mg/dl) e produção de proteína do leite (kg/vaca/dia) (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito das dietas experimentais sobre as frações nitrogenadas do leite.

Variável	Fontes nitrogenadas da dieta			EPM*	P	
	¹ FS + ureia (controle)	¹ FS + alta inclusão de ureia	² GSCI			³ FGM
	g/100g de leite					
PB	3,46 ^a	3,36 ^b	3,34 ^b	3,30 ^b	0,03	0,01
NNP	0,18	0,19	0,19	0,18	0,002	0,68
NNC	1,03 ^a	0,97 ^b	0,97 ^b	0,94 ^b	0,01	0,004
Caseína	2,44	2,37	2,35	2,36	0,03	0,08
PV	3,28 ^a	3,16 ^b	3,16 ^b	3,11 ^b	0,03	0,004
Caseína/PV	0,74	0,75	0,75	0,76	0,003	0,06

Médias ajustadas seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem entre si ($P > 0,05$). ¹FS= Farelo de soja; ²GSCI= Grão de soja cru integral; ³FGM= Farelo de glúten de milho; PB= Proteína bruta; NNP= Nitrogênio não proteico; NNC= Nitrogênio não caseinoso; PV= Proteína verdadeira.

*EPM = Erro padrão da média.

DISCUSSÃO

No presente estudo, a inclusão de grão de soja na dieta em substituição parcial ao farelo de soja reduziu a digestibilidade aparente total da proteína bruta e a produção de leite quando comparada as demais fontes nitrogenadas avaliadas. Desta forma, a inclusão de 17,1 ou 10,2 g/Kg de MS de ureia ou glúten de milho, respectivamente, em substituição parcial ao farelo de soja, não altera as respostas produtivas de vacas leiteiras em lactação alimentadas com cana de açúcar como única fonte de volumoso. Estes resultados indicam que a substituição parcial do farelo de soja por ureia pode contribuir para reduzir os custos de alimentação do rebanho sem alterar a produção de leite, o que torna o sistema de produção economicamente mais eficiente. Por outro lado, apesar de ter maior custo agregado relativo ao nitrogênio, o farelo de glúten de milho pode ser um ingrediente mais sustentável, pois pode apresentar maior eficiência de utilização do nitrogênio dietético durante os processos digestivos em comparação a ureia, possivelmente pela menor excreção de nitrogênio na urina resultante da maior produção de amônia no rúmen, que é aumentada com a inclusão de NNP na dieta (1,2).

Consumo de nutrientes e Digestibilidade Aparente

Os resultados do presente estudo indicaram que o consumo de (EE) foi mais elevado para vacas alimentadas com grão de soja cru em relação às demais dietas. Resultado semelhante foi observado por Freitas Junior et al. (20), que relataram que a inclusão de grão de soja na dieta de vacas leiteiras não alterou o consumo de matéria seca, porém aumentou o consumo de extrato etéreo, em relação a dieta controle (sem suplementação lipídicas). No presente estudo, o aumento do consumo de EE pode ser explicado pelo maior teor de EE (41,4g/Kg MS) nas dietas com grão de soja cru em relação às demais dietas (Tabela 2). Como o consumo de MS não apresentou diferença entre os tratamentos, conseqüentemente as vacas alimentadas com grão de soja ingeriram maior quantidade de EE. De forma semelhante ao presente estudo, Voltolini et al. (12) relataram que a adição de farelo de soja em substituição à ureia em dietas com cana-de-açúcar para alimentação de dois grupos de vacas produzindo 10 e 18 kg/dia, não alterou o consumo de matéria seca. A ausência de efeitos negativos sobre o consumo de matéria seca também foi relatado por Pedroso et al. (21), que ao adicionar farelo de glúten de milho na dieta de vacas leiteiras o consumo de matéria seca não foi alterado.

No presente estudo a digestibilidade da proteína dietética foi reduzida com a inclusão de grão de soja cru na dieta. Este resultado pode ser atribuído aos fatores antinutricionais presentes no grão de soja que não foi submetido ao processamento térmico (22). A presença

de fatores que inibem a atividade da tripsina e/ou quimiotripsina tem potencial para reduzir a digestibilidade da proteína e aumentar a excreção de nitrogênio nas fezes (23). Desta forma, na alimentação de ruminantes, quando a inclusão de grão de soja na dieta excede a capacidade de detoxificação dos compostos antinutricionais pelos micro-organismos ruminais, pode ocorrer redução da atividade das enzimas proteolíticas durante os processos digestivos, resultando em menor digestibilidade aparente total da proteína dietética (1,2).

Produção e Composição do leite

Os resultados obtidos no presente estudo para produção de leite e produção de leite corrigida para 3,5% de gordura indicaram redução de produção para vacas alimentadas com a dieta contendo grão de soja cru. Resultados similares foram descritos por Pereira et al. (21), que ao comparar níveis de 0 e 30% da MS de grão de soja cru na dieta de vacas leiteiras observaram queda na produção para os animais consumindo a dieta contendo o grão de soja. Freitas Junior et al. (20,24) relataram que vacas alimentadas com grão de soja na dieta produziram 2,5 L de leite a menos que as vacas alimentadas com a dieta controle (sem suplementação lipídica). Da mesma forma, Barleta et al. (25) relataram que a inclusão de grão de soja (de 0 a 24 % da matéria seca) na dieta de vacas leiteiras reduziu linearmente a produção e o teor de proteína do leite, porém não alterou a produção de leite corrigida para 3,5 % de gordura.

No presente estudo, os resultados para produção de sólidos totais (kg/vaca/dia) e produção de gordura também foram menores pelo uso do grão de soja na dieta. Estes resultados podem ser devido a menor produção de leite das vacas alimentadas com grão de soja na dieta, que por consequência influenciou negativamente a produção de gordura e a produção de sólidos totais para este tratamento. Com base nos resultados do presente estudo, a menor produção de leite pelas vacas alimentadas com grão de soja pode ter ocorrido devido ao efeito negativo que esta dieta ocasionou sobre a digestibilidade da proteína bruta.

Frações Proteicas do Leite

O teor de proteína e as frações proteicas do leite desempenham papel importante na fabricação de derivados lácteos, como o queijo, pois as proteínas do leite estão diretamente associadas com o rendimento industrial destes produtos. As frações proteicas do leite são afetadas principalmente pelo suprimento de proteína metabolizável (PM) e pelo perfil de aminoácidos essenciais dessa proteína (2). No presente estudo, vacas alimentadas com a dieta controle (farelo de soja e baixa inclusão de ureia) apresentaram maior produção de proteína bruta e proteína verdadeira do leite, em comparação com as vacas alimentadas com as demais dietas, que não diferiram entre si. Este resultado pode ser atribuído ao perfil de aminoácidos do farelo de soja, que está mais próximo ao adequado para a produção de leite em relação às demais fontes nitrogenadas avaliadas (2).

Contrariamente aos resultados do presente estudo, Voltolini et al (12) não observaram efeito de diferentes níveis de proteína metabolizável na dieta de vacas leiteiras sobre o teor de compostos proteicos do leite. Freitas Junior et al. (20) relataram que a inclusão de grão de soja na dieta de vacas leiteiras não alterou o teor de proteína e as frações nitrogenadas do leite, em comparação a dieta controle (sem suplementação lipídica). De forma semelhante, Aquino et al. (6) relataram que a inclusão de ureia (0, 0,75 e 1,5 % da MS) em dietas a base de cana de açúcar como volumoso não alterou o teor de proteína bruta e as frações nitrogenadas do leite. Entretanto, Pina et al. (26) descreveram maior teor de proteína do leite para vacas alimentadas com farelo de soja em comparação ao farelo de algodão. Baker et al. (27), ao avaliarem os efeitos da concentração, degradabilidade e qualidade da proteína da

dieta sobre a concentração proteica do leite verificaram correlação positiva entre o teor de proteína verdadeira do leite e o suprimento de PDR das dietas. Este resultado foi diferente do presente estudo onde a maior produção de proteína verdadeira do leite foi encontrada para as vacas recebendo a dieta controle.

CONCLUSÕES

A substituição parcial do farelo de soja por diferentes fontes nitrogenadas não altera o consumo de matéria seca de vacas leiteiras em lactação. Entretanto, a inclusão de grão de soja na dieta aumenta o consumo de extrato etéreo, reduz a digestibilidade aparente total da proteína e diminuí a produção de leite e a produção de sólidos totais. Desta forma, podem ser incluídos 17,1 g/Kg de MS de ureia ou 10,2 g/Kg de MS de glúten de milho, em substituição parcial ao farelo de soja, na dieta sem que haja qualquer alteração na digestibilidade e na produção de leite de vacas em lactação alimentadas com cana de açúcar como única fonte de volumoso da dieta. No entanto, vacas alimentadas com farelo de soja (164 g/Kg de MS) e baixo teor de ureia (10,2 g/Kg de MS) na dieta produzem mais proteína bruta e proteína verdadeira do leite do que vacas alimentadas com as demais fontes nitrogenadas (alta inclusão de ureia – 17,1 g/Kg de MS, farelo de glúten de milho e grão de soja), que não diferem entre si.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo nº: 2008/11140-0) pela concessão dos recursos necessários a realização do presente estudo.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Este estudo foi aprovado pela comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo em reunião de 18 de março de 2009, sob protocolo nº 1634/2009 e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal.

REFERÊNCIAS

1. National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th ed. Washington: National Academy Press; 2001.
2. Santos FAP, Santos JEP, Theurer CB, Huber JT. Effects of rumen undegradable protein on dairy cow performance: a 12-year literature review. *J Dairy Sci.* 1998;81:3182-213.
3. Fernandes AM, Queiroz AC, Lana RP, Pereira JC, Cabral LS, Vittori A, et al. Estimates of the Milk Production by Crossbred Holstein Cows, in Accordance to CNCPS System, in Diets Containing Sugar Cane with Different Nutritive Values. *Rev Bras Zootec.* 2003;30:1778-85.
4. Mendonça SS, Campos JMS, Valadares Filho SC. Intake, Apparent Digestibility, Milk Production and Composition and Ruminal Variables of Dairy Cows Fed Sugar Cane Based Diets. *Rev Bras Zootec.* 2004;33:481-92.

5. Magalhães ALR, Campos JMS, Valadares Filho SC, Torres RA, Mendes Neto JM, Assis AJ. Sugar Cane as a Substitute for Corn Silage in Diets for Milking Cows. Performance and Economical Viability. *Rev Bras Zootec.* 2004;33:1292-302.
6. Aquino AA, Lima YVR, Botaro BG, Peixoto Jr, Santos MV. Effects of dietary urea levels on milk protein fractions of Holstein cows. *Anim Feed Sci Technol.* 2007;140:191-8.
7. Aquino AA, Botaro BB, Ikeda FS, Rodrigues PHM, Martins MF, Santos MV. Effect of increasing dietary urea levels on milk yield and composition of lactating cows. *Rev Bras Zootec.* 2007;36:881-7.
8. Jesus EF, Conti LHA, Tomazi T, Migliano MED, Prada e Silva LF, Rennó FP, et al. Intake, Nutrient Digestibility and Milk Yield of Dairy Cows Fed Urea and Two Levels of Crude Protein in Diets with Sugar Cane. *J Anim Vet Adv.* 2012;11:4135-42.
9. Costa MG, Campos JMS, Valadares Filho SC. Effects of Feeding Corn Silage or Different Dietary Ratios of Sugarcane and Concentrate on Production of Lactating Dairy Cows. *Rev Bras Zootec.* 2005;34Suppl:2437-45.
10. Magalhães ALR, Campos JMS, Cabral LD, Mello R, de Freitas JA, Torres RA et al. Effects of replacing corn silage with sugarcane on production and ruminal metabolism of lactating dairy cows. *Rev Bras Zootec.* 2006;35:591-9.
11. Sousa DP, Campos JMS, Valadares Filho SC, Lana RP, Sediya CAZ, Mendes Neto JM. Feeding behavior, feed intake and digestibility, milk composition and production of cows fed maize silage or sugarcane with whole cottonseed. *Rev Bras Zootec.* 2009;38:2053-62.
12. Voltolini TV, Santos FAP, Martinez JC, Bittar CMM, Imaizumi H, Cortinhas, CS. Different metabolizable protein levels in sugar cane diets to lactating dairy cows. *Cienc Anim Bras.* 2008;9:309-18.
13. Association of Official Analytical Chemistry. Official methods of analysis. 16a ed. Arlington, VA: Association of Analytical Communities; 1995.
14. Van Soest PJ, Mason VC. The influence of Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feeds. *Anim Feed Sci Technol.* 1991;32:45-53.
15. Mertens DR. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J AOAC Int.* 2002;85:1217-40.
16. Hall MB. Making nutritional sense of nonstructural carbohydrate. In: Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium; 1998; Gainesville. Gainesville: Florida University; 1998. p.108-21.
17. Casali AO, Detmann E, Valadares Filho SC, Pereira JC, Heriques LT, Freitas SG, et al. Influence of incubation time and particles size on indigestible compounds contents in cattle feeds and feces obtained by in situ procedures. *Rev Bras Zootec.* 2008;37:335-42.

18. Sklan D, Ashkenazi R, Brun A, Devorin A, Tabori K. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. *J Dairy Sci.* 1992;75:2463-72.
19. Lynch JM, Barbano DM. Indirect and direct determination of the casein content of milk by kjeldahl nitrogen analysis: collaborative study. *J AOAC Int.* 1998;81:763-74.
20. Freitas Junior JE, Rennó FP, Santos MV, Gandra JR, Maturana Filho M, Venturelli CBF. Productive performance and composition of milk protein fraction in dairy cows supplemented with fat sources. *Rev Bras Zootec.* 2010;39:845-52.
21. Pereira ES, Arruda AMV, Miranda LF, Mizubuti IY, Elaine BM, Pinto AP. Importance of interrelation carbohydrate and protein in diets of ruminants. *Semina, Cienc Agrar.* 2005;26:125-34.
22. McDonald PM, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA. *Animal nutrition.* Harlow, UK: Pearson; 2002.
23. Kellems RO, Church DC. *Livestock Feeds and Feeding.* 4th ed. Prentice-Hall: Upper Saddle River, NJ; 1998.
24. Freitas Junior JE, Rennó FP, Prada e Silva LF, Gandra JR, Maturana Filho M, Venturelli CBF. Blood parameters of dairy cows supplemented with different fat sources. *Cienc Rural.* 2010;40:950-6.
25. Barletta RV, Rennó FP, Gandra JR, Freitas Júnior JE, Verdurico LC, Mingoti RD, et al. Blood parameters and performance of dairy cows Fed with whole raw soybean. *Arch Zootec.* 2012;61:483-92.
26. Pina DS, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Campos JMS, Detmann E, Marcondes MI, et al. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. *Rev Bras Zootec.* 2006;35:1543-51.
27. Baker LD, Ferguson JD, Chalupa W. Responses in urea and true protein feeding schemes for protein of milk to different dairy cows. *J Dairy Sci.* 1995;78:2424-34.

Recebido em: 07/03/2014

Aceito em: 09/03/2015