



Consumo, produção e composição do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e diferentes fontes de carboidratos na dieta¹

Eduardo da Costa Eifert², Rogério de Paula Lana³, Dante Pazzanese Duarte Lanna⁴, Webel Machado Leopoldino⁵, Marcus Vinícius Moraes de Oliveira⁶, Pedro Braga Arcuri⁷, José Maurício de Souza Campos³, Maria Ignez Leão³, Sebastião de Campos Valadares Filho³

¹ Parte da tese de Doutorado do primeiro autor, financiado pelo CNPq, processo 477530-01/0 NV

² Post-doc Nutrição de Ruminantes, ESALQ/USP.

³ Departamento de Zootecnia – UFV. Bolsista do CNPq.

⁴ Departamento de Zootecnia – ESALQ/USP. Bolsista do CNPq.

⁵ UNIP - Jacareí - SP.

⁶ Departamento de Zootecnia - UEMS.

⁷ Embrapa Gado de Leite. Bolsista do CNPq.

RESUMO - Foram utilizadas 12 vacas lactantes Holandês-Gir com o objetivo de avaliar os efeitos do fornecimento de dietas formuladas com diferentes fontes de carboidratos no concentrado, associadas ou não à suplementação com óleo de soja, sobre o consumo de matéria seca, a produção de leite e a composição do leite. Os tratamentos consistiram de concentrados à base de milho ou farelo de trigo (FT) ou polpa cítrica (PC), associados ou não a óleo de soja (0 e 2,25%). Não houve interação significativa entre a presença de óleo e a fonte de carboidratos em qualquer variável avaliada. O consumo de MS (18,4 kg/dia) e a produção de leite (23,5 kg/dia) não diferiram entre MI, FT ou PC, mas a dieta com FT proporcionou maior consumo de FDN e menor digestibilidade aparente total da MO e dos CHOT e reduziu o teor de lactose no leite. A síntese microbiana não foi influenciada pela fonte de carboidrato ou pelo óleo, sendo, em média, de 239,4 g N/dia. Os animais alimentados com as dietas contendo óleo apresentaram menor consumo de matéria seca (19,0 vs 17,8 kg/dia) e menores teores de lactose (4,49 vs 4,33%) e gordura (3,34 vs 3,13%) no leite, mas não diferiram quanto à produção de leite, ao teor de proteína, à digestibilidade dos nutrientes e à síntese microbiana. A presença de óleo promoveu maior eficiência alimentar (1,35 vs 1,23) e aumentou a relação proteína:gordura do leite (0,94 vs 1,00). Do ponto de vista econômico, PC e FT podem substituir totalmente o milho no concentrado em dietas para vacas com produção de até 24 kg/dia. O óleo na dieta diminuiu o consumo e mantém o nível de produção, aumentando a eficiência alimentar e alterando a composição do leite.

Palavras-chave: farelo de trigo, lipídios, polpa cítrica, síntese microbiana, subprodutos

Effects of different carbohydrates sources and soybean oil on intake, milk yield, and milk composition of lactating dairy cows

ABSTRACT - Twelve Holstein-Zebu lactating dairy cows were used to study the effects of different carbohydrate sources and soybean oil on dry matter intake, milk yield, and milk composition. The following carbohydrate sources were used: corn (CO), wheat bran (WB) or citric pulp (CP) with 0 or 2.25% of soybean oil. No significant interactions between soybean oil and carbohydrate sources were observed in this trial. Both dry matter intake (18.4 kg/day) and milk yield (23.5 kg/day) did not differ among carbohydrate sources but cows fed WB had higher NDF intake and lower apparent total tract digestibilities of OM, total carbohydrates, and milk lactose content. Neither carbohydrate sources nor soybean oil changed significantly the ruminal microbial protein synthesis that averaged 239.4 g N/day. Cows fed diets supplemented with soybean oil showed lower dry matter intake (19.0 vs. 17.8 kg/day) and contents of milk lactose (4.49 vs. 4.33%) and milk fat (3.34 vs. 3.13%) compared to those with no soybean oil in the diet. Oil diets showed no differences on milk production, milk protein content, digestibility of nutrients, and microbial protein synthesis. In addition, supplementation with soybean oil improved feed efficiency (1.35 vs. 1.23) and the milk protein:milk fat ratio (0.94 vs. 1.00). It can be concluded that for cows yielding up to 24 kg of milk per day WB and CP can economically replace CO in the concentrate. Inclusion of soybean oil in the diet changed milk composition and decreased dry matter intake but maintain milk yield, which improved feed efficiency.

Key Words: byproducts, wheat bran, lipids, citrus pulp, microbial protein synthesis

Introdução

O tipo e a quantidade de concentrado fornecido na dieta de bovinos podem influenciar a produção e a rentabilidade do sistema. Tradicionalmente, os concentrados são formulados com milho, entretanto, com o objetivo de reduzir os custos de alimentação, subprodutos da indústria alimentícia ou do processamento de grãos, como a polpa cítrica (PC) e o farelo de trigo (FT), têm sido empregados como substitutos parciais ou totais do milho no concentrado.

A polpa cítrica e o farelo de trigo diferem dos grãos, como o milho, por apresentar reduzidas concentrações de amido. O farelo de trigo possui aproximadamente 30% de carboidratos não-estruturais e 45% de hemicelulose e celulose (Durand et al., 1988). A polpa cítrica é composta de 60% de CNF, 12,5 a 40,2% de açúcares solúveis e 25,2 a 43,7% de pectina (Hall, 2001). Os padrões de fermentação desses carboidratos diferem daqueles do amido de milho e podem resultar em diferentes valores de pH ruminal, em decorrência da proporção dos AGV formados e da velocidade da fermentação (Bem-Ghedalia et al., 1989; Leiva et al., 2000).

Leiva et al. (2000) observaram que a fermentação da pectina da polpa proporcionou pH mais elevado que as dietas contendo milho. Bem-Ghedalia et al. (1989) verificaram que a polpa permitiu maior pH e mais alta síntese de proteína microbiana que o amido de cevada. O farelo de trigo, comparado ao milho, não influenciou o pH de animais em pastejo, mas aumentou a relação acetato: propionato e a concentração de acetato no fluido ruminal. Neste sentido, Van Soest (1987) afirma que a pectina, apesar de rapidamente fermentável no rúmen, gera acetato como produto final, como ocorre com a fermentação da celulose. Assim, a substituição do milho por polpa pode promover efeitos benéficos, principalmente em relação ao ambiente ruminal, em razão da alteração da fermentação láctica pela acética e do efeito tamponante da pectina, resultando em melhores condições para digestão da fibra da forragem em dietas ricas em concentrado.

Embora o NRC (2001) indique diferenças no valor energético destes subprodutos, com valores de 79,8 e 71,5% de NDT, respectivamente, para polpa cítrica e farelo de trigo, estas fontes têm substituído, com relativa eficiência, o fubá de milho (88,7% de NDT), em dietas para vacas lactantes. Em vacas de média produção (20 kg/dia), Assis et al. (2004) não observou efeitos sobre o consumo e a produção com a substituição de até 100 % do milho por polpa cítrica e Soares (2002) concluiu que o farelo de trigo pode substituir totalmente o milho no concentrado.

Sutton et al. (1987) constataram que concentrados fibrosos (polpa cítrica, polpa de beterraba açucareira e

farelo de trigo) foram menos efetivos que os amiláceos (cevada, trigo e mandioca) em manter os rendimentos de leite, proteína e lactose. Solomon et al. (2000) verificaram que, para vacas de alta produção (acima de 30 kg/dia), o consumo de MS (CMS), o conteúdo de proteína do leite e a produção de proteína foram maiores em vacas alimentadas com concentrado contendo 2/3 de milho laminado e 1/3 de polpa cítrica que naquelas alimentadas com 1/3 de milho laminado e 2/3 de polpa. Leiva et al. (2000) também verificaram que o conteúdo de proteína do leite e seu rendimento foram reduzidos em dietas com altas concentrações de polpa, embora não tenham observado nenhuma mudança no CMS. Resultados obtidos por Broderick et al. (2002) também estão de acordo com os anteriores, nos quais o fornecimento de espigas de milho com alta umidade (EMAU) foi comparado a dietas contendo 50% EMAU e 50% de polpa cítrica, observando-se que a presença de polpa reduziu o CMS, a produção de leite e os teores de proteína e lactose.

Segundo Leiva et al. (2000), a maior produção de acetato pela fermentação da pectina promove a produção de metabólitos lipogênicos, enquanto o propionato, obtido a partir da fermentação do amido, tende a produzir metabólitos glicogênicos. Assim, alterações na produção e composição do leite poderiam ser consequência da modificação do suprimento de nutrientes metabolizáveis ao animal.

Gorduras e óleos têm sido adicionados a dietas para ruminantes com o objetivo de aumentar a concentração energética da dieta e a participação de determinados ácidos graxos no leite e na carne. O principal problema com a utilização de gorduras insaturadas na dieta de ruminantes é o efeito sobre o consumo e, conseqüentemente, sobre a produção de leite (Allen, 2000).

Embora a concentração energética em lipídios seja maior que em carboidratos e proteínas, elevadas quantidades de lipídios podem reduzir o consumo e a quantidade de energia ingerida (NRC, 2001). Allen (2000) sugere que fatores metabólicos estejam relacionados à redução no consumo, visto que a digestibilidade ruminal da fração fibrosa é pouco afetada pelo uso de lipídios insaturados em dietas com até 50% de forragem (Bateman & Jenkins, 1998).

Os suplementos lipídicos insaturados apresentam, em doses elevadas, efeito tóxico sobre as bactérias gram-positivas do rúmen, sobretudo a população celulolítica (Nagaraja et al., 1997), alterando a relação acetato:propionato, em razão da produção de propionato à custa de acetato, da redução da produção de metano e da diminuição da amônia ruminal (Jenkins, 1993). A eficiência da síntese microbiana por vezes é aumentada à medida que os lipídios substituem parte do concentrado na dieta. Por exemplo, observa-se

efeito defaunatório com o uso de óleo de soja, que viabiliza maior crescimento bacteriano, em virtude da menor predação (Nagaraja et al., 1997).

Objetivou-se, com este trabalho, investigar os possíveis efeitos associativos de diferentes fontes de carboidratos no concentrado e óleo de soja no concentrado sobre o consumo e a produção e composição do leite de vacas Holandês-Gir.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Pesquisa e Ensino em Gado de Leite do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de dezembro de 2001 a março de 2002.

Foram utilizadas 12 vacas multíparas lactantes, 7/8 Holandês Gir, com 86 dias em lactação. Os tratamentos consistiram da substituição total do milho no concentrado (MI) por farelo de trigo (FT) ou polpa cítrica (PC), associados ou não ao óleo de soja (0 e 2,25% de óleo de soja). O experimento foi conduzido segundo um ensaio fatorial 3 x 2, com três fontes de carboidratos e dois níveis de óleo.

O período experimental teve duração de 17 dias, sendo 10 para adaptação e sete para coleta das amostras. Os animais foram alojados em baias individuais tipo 'tie-stall',

sendo alimentados e ordenhados duas vezes ao dia, com controle diário de oferta e dos alimentos e das sobras. As dietas foram formuladas segundo recomendações do NRC (2001), para atender às necessidades de vacas produzindo 20 kg/dia de leite, e continham 55,2% de silagem de milho, 44,8% de concentrado e aproximadamente 15,5% de PB e 39,3% de FDN (Tabela 1).

A coleta de amostras de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes foi realizada nos últimos sete dias do período experimental, para estimativa da excreção fecal utilizando-se FDA_i como indicador interno. Para determinação da FDA_i, as amostras dos alimentos fornecidos, as sobras e fezes foram incubadas por 144 horas no rúmen de vacas alimentadas com relação 60:40 de volumoso e concentrado, em sacos Ankom (Ankom[®] filter bag n°57), conforme adaptação da técnica descrita por Cochran et al. (1986).

Nas amostras de sobras, dos alimentos fornecidos e das fezes, foram determinados os teores de MS, CIN, nitrogênio total (Kjehldal) e EE em aparelho Soxhlet, de acordo com metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), e os teores de PB, por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25. Os teores de FDN e FDA foram estimados pelos métodos sugeridos por Van Soest et al. (1991), utilizando-se α -amilase sem adição de sulfito de

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes e composição bromatológica das dietas experimentais (em % da MS)
Table 1 - Ingredient and chemical compositions of the experimental diets (% of DM)

Item	Fonte de carboidratos Carbohydrate source					
	MI (CO)		FT (WB)		PC (CP)	
	0%	2,25%	Óleo de soja Soybean oil		0%	2,25%
			0%	2,25%	0%	2,25%
	Proporção dos ingredientes Ingredient proportion					
Silagem de milho (Corn silage)	55,19	55,04	55,36	55,10	55,27	55,05
Farelo de soja (Soybean meal)	19,78	20,35	14,09	15,37	21,45	21,88
Fubá de milho (Finely ground corn)	23,28	20,61	-	-	-	-
Farelo de trigo (Wheat bran)	-	-	28,99	25,71	-	-
Polpa cítrica (Citrus pulp)	-	-	-	-	21,81	19,34
Calcário calcítico (Calcium limestone)	0,77	0,77	0,95	0,95	-	-
Fosfato bicálcico (Dicalcium phosphate)	0,36	0,36	-	-	0,86	0,86
Sal comum (Salt)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
Óleo de soja ¹ (Soybean oil)	-	2,25	-	2,25	-	2,25
	Composição bromatológica Chemical composition					
MO (OM)	93,06	93,24	93,36	93,53	94,03	94,12
PB (CP)	14,70	14,98	15,73	15,92	15,58	15,78
EE (EE)	2,80	4,93	2,81	4,95	2,42	4,60
FDN (NDF)	35,28	35,05	45,40	43,99	38,24	37,65
FDA (ADF)	20,34	20,25	25,96	25,22	22,57	22,21
CNF (NFC)	40,28	38,28	29,42	28,67	38,73	36,09

¹ O óleo de soja foi misturado ao concentrado (soybean oil was mixed to the concentrate).

sódio na determinação da FDN. Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos pela equação sugerida por Sniffen et al. (1992): $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$ e os não-fibrosos (CNF), pela diferença entre CHOT e FDN. O cálculo do NDT foi realizado conforme recomendação do NRC (2001), a partir das frações digestíveis (d), segundo a equação: $NDT = PBd + 2,25EEd + FDNd + CNFd$.

A estimativa da síntese microbiana foi realizada a partir da quantificação dos derivados de purina excretados na urina e no leite, de acordo com metodologia descrita por Valadares et al. (1999) e Rennó (2003), considerando-se a absorção de purinas (Pabs) calculada pela fórmula sugerida por Verbic et al. (1990): $Pabs = 0,85X + 0,385 PV^{0,75}$, em que X é a excreção total dos derivados de purina. A amostra *spot* de urina foi obtida por micção espontânea 4 horas após a alimentação dos animais, coletando-se 10 mL de urina, que foram adicionados a 40 mL de ácido sulfúrico 0,036 N. Na amostra *spot* foram determinadas a concentração de alantoina, utilizando-se os métodos colorimétricos descritos por Chen & Gomes (1992), e a concentração de ácido úrico e creatinina a partir de “kits” comerciais (Labtest®). O volume urinário foi determinado a partir da concentração de creatinina na urina, considerando-se a excreção diária de 28,9 mg/kgPV observada por Valadares et al. (1999).

A produção leiteira foi medida diariamente, retirando-se amostras do leite de dois dias de ordenha consecutivos para avaliação da composição do leite, determinada no Laboratório de Qualidade do Leite da EMBRAPA Gado de Leite, pela análise do infravermelho em um aparelho Bentley 2000. Para o cálculo da produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (PL_{corr}), utilizou-se a fórmula citada por Leiva et al. (2000): $PL_{corr} = (12,82 * Pgord) + (7,13 * Pptn) + (0,323 * PL)$, em que: PL = produção de leite, kg/dia; Pgord = produção de gordura, em kg/dia; e Pptn = produção de proteína, kg/dia. A partir da equação sugerida pelo AFRC (1993), calculou-se a concentração energética do leite, conforme a fórmula: $EL (Mcal/kg) = (0,0929 * G) + (0,0547 * PB) + (0,0395 * Lact)$, em que G, PB e Lact são as porcentagens de gordura, proteína e lactose do leite.

As vacas foram dispostas em dois quadrados latinos 3 x 3 com óleo e em outros dois quadrados latinos sem óleo. Para avaliação do efeito de óleo, optou-se por uma modificação do desenho split-plot, utilizando “vaca dentro de óleo” como erro “b”, como descrito por outros pesquisadores (Drackley et al., 2001, 2003; Elliot et al., 1995). As demais fontes de variação adicionadas ao modelo foram a fonte de carboidratos, o óleo e a interação fonte de carboidratos x óleo, vaca e período. Para minimizar a variação do animal entre os quadrados, todos os animais foram pareados, de modo que cada vaca do par foi

inserida em um quadrado com óleo e a outra, no quadrado sem óleo. Para seleção dos pares de vacas, todos os animais permaneceram sob o mesmo regime alimentar durante dez dias do experimento, quando a produção de leite foi medida. Assim, os critérios para escolha dos animais foram a produção de leite atual, a produção na lactação anterior, o peso, o estágio de lactação e o número de parições.

Os dados foram submetidos à análise estatística pelo programa estatístico SAS (SAS, 1999). Adotou-se 10% de nível de significância na comparação dos resultados.

Resultados e Discussão

Os valores médios observados para os consumos de matéria seca, de NDT e de FDN, nas diferentes formas de expressão, encontram-se na Tabela 2. Não foi verificada interação significativa ($P > 0,10$) de fonte de carboidrato x a presença de 2,25% de óleo de soja para estas variáveis. A fonte de carboidrato não influenciou ($P > 0,10$) o consumo diário de matéria seca (CMS), em porcentagem do peso vivo (CMSP) ou em relação ao tamanho metabólico (CMSTM), com médias de 18,4 kg/dia, 3,57 kg MS/100 kg PV e 0,170 g/PV^{0,75}, respectivamente.

Em razão da maior concentração de FDN nos ingredientes do concentrado (Tabela 1) e dos consumos de matéria seca similares entre as fontes, verificou-se maior consumo diário de FDN (CFDN) para a dieta contendo FT em relação ao MI. Assim, o consumo percentual de FDN apresentou o mesmo comportamento, com maior valor para FT e menor para MI, de 1,42 e de 1,17% PV, respectivamente. O consumo diário de NDT foi, em média, de 12,87 kg/dia e não diferiu entre os tratamentos, embora a dieta PC tenha apresentado maior teor de NDT (Tabela 3). O consumo diário de NDT não foi alterado pela presença de óleo na dieta. Entretanto, o óleo reduziu o CMS, CMSTM e CFDN em 6,7; 6,1; e 7,8%, respectivamente ($P < 0,10$). O CFDN percentual observado nas dietas contendo FT está acima do valor de 1,2% PV relatados por Mertens (1994) para o máximo consumo de MS para vacas em lactação.

Mertens (1994) sugere que o consumo é regulado, entre outros fatores, pelas características dos alimentos. Em dietas ricas em FDN e com menores concentrações energéticas, o consumo aumenta até que seja atendida a necessidade energética do animal, observando-se o limite de 1,2% PV para o efeito de enchimento físico do rúmen.

Em dietas ricas em energia, o consumo é interrompido antes do efeito do enchimento ruminal, ao atender os requerimentos de produção, o que pode justificar a redução de 6,7% no consumo de MS ($P < 0,0668$) observada para as dietas contendo

Tabela 2 - Consumos diários de MS (CMS), FDN (CFDN) e NDT (CNDT) de vacas alimentadas com diferentes fontes de carboidrato no concentrado em combinação com óleo de soja

Table 2 - Intakes of dry mater (DMI), TND (TNDI), and NDF (NDFI) of cows fed diets with different carbohydrate sources plus soybean oil

Item	Fonte de carboidratos ¹				Óleo de soja		
	Carbohydrate source				Soybean oil		
	MI (CO)	FT (WB)	PC (CP)	P>F	0 %	2,25 %	P>F
CMS, kg/dia (DMI, kg/day)	18,4	18,3	18,4	0,9911	19,0 ^a	17,8 ^b	0,0668
CMS, %PV (DMI, %BW)	3,59	3,55	3,59	0,9660	3,68	3,47	0,1321
CMS, kg/PV ^{0,75} (DMI, kg/BW ^{0,75})	0,171	0,169	0,171	0,9717	0,175 ^a	0,165 ^b	0,1000
CFDN, kg/dia (NDFI, kg/day)	6,00 ^B	7,35 ^A	6,55 ^{AB}	0,0010	6,88 ^a	6,38 ^b	0,0637
CFDN, %PV (NDFI, %BW)	1,17 ^B	1,42 ^A	1,28 ^{AB}	0,0034	1,34 ^a	1,25 ^b	0,1029
CNDT, kg/dia (TNDI, kg/day)	12,69	12,71	13,22	0,5175	12,92	12,82	0,7935

¹ MI = milho; FT = farelo de trigo; PC = polpa cítrica.^{a, b} Letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,10) pelo teste F.^{A, B} Letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,10) pelo teste F.¹ CO = corn; WB = wheat bran; CP = citrus pulp.^{a, b} Different letters in the same row differ (P<0,10) by F test.^{A, B} Different letters in the same column differ (P<0,10) by F test.

óleo de soja, uma vez que a presença de 2,25% de óleo na dieta permitiu consumos similares de NDT (12,87 kg/dia). A redução do consumo de matéria seca em dietas contendo suplementos lipídicos tem sido bastante relatada na literatura (Jenkins, 1993). São sugeridos como causas da redução do consumo os efeitos da aderência do óleo sobre as partículas fibrosas no rúmen, a alteração da permeabilidade da membrana das bactérias gram-positivas, principalmente as celulolíticas (Nagaraja et al., 1997), e outros efeitos metabólicos (Allen, 2000).

Os valores observados para o consumo de matéria seca estão de acordo com os registrados por Assis et al. (2004) e Soares et al. (2004), ao trabalharem, respectivamente, com PC e FT em substituição total ao milho no concentrado de vacas lactantes. Embora não tenham apresentado regressão significativa, os dados reportados por Soares et al. (2004) indicam redução crescente quando o FT substituiu o milho em 0, 33, 66 e 100% do concentrado, possivelmente por ter utilizado 30% de concentrado na dieta e por o FT ter apresentado maior efeito de enchimento ruminal em relação à quantidade de FDN na dieta. Broderick et al. (2002) observaram que a substituição parcial de milho laminado ou de espigas de milho de alta umidade por polpa cítrica promoveu a redução no consumo de matéria seca de vacas de alta produção, o que poderia ser comprovado, de acordo com Solomon et al. (2000), se houvesse menor extensão de digestão ou taxa de digestão no rúmen da matéria orgânica nas dietas contendo polpa.

Os valores observados para as estimativas de síntese microbiana, dos teores de NDT e da digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes são descritos na Tabela 3, não sendo observada interação significativa (P>0,10) de óleo × fontes de carboidrato. A presença de óleo na dieta não influenciou a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, à exceção da digestibilidade aparente do extrato etéreo, que foi maior na presença de óleo, o que pode ser

justificado pela maior presença de ácidos graxos monoinsaturados, que auxiliam na formação da micela no duodeno durante o processo digestivo (Palmquist, 1994). A inclusão de óleo de soja nas dietas não influenciou (P>0,10) a digestibilidade aparente total da FDN, indicando que a população microbiana gram-positiva foi pouco alterada pela presença do óleo, possivelmente em razão do nível de óleo de soja utilizado.

Os tratamentos envolvendo as fontes de carboidrato apresentaram valores similares (P>0,10) para a digestibilidade de MS, PB, EE e CNF. As digestibilidades de MO e CHOT foram maiores para a dieta contendo PC em relação ao FT (P<0,10), enquanto a de FDN foi maior em PC que em MI (56,2 vs 49,1%) e apresentou valor intermediário em FT (53,4%), não diferindo de MI ou PC.

Bernard & McNeill (1991) observaram redução nas digestibilidades de MS e FDN quando compararam dietas contendo milho, farelo de trigo ou casca de soja, outro ingrediente rico em pectina. Os resultados coincidem com os deste estudo, com menor digestibilidade da MS para o farelo de trigo e o milho e maior para o subproduto rico em pectina, embora esses autores tenham observado que a redução na digestibilidade foi acompanhada de redução no consumo da dieta contendo farelo de trigo. A menor digestibilidade da MO poderia ser explicada pela menor concentração de CNF na dieta com FT. De acordo com Ipharraguerre et al. (2002), a taxa de passagem pelo rúmen pode ter aumentado para manter o consumo e, embora a digestibilidade da FDN da dieta contendo FT não tenha diferido das demais, pode ter ocorrido fermentação microbiana compensatória da FDN no intestino grosso. Com exceção de alguns oligossacarídeos, o amido e os açúcares são passíveis de digestão e absorção no duodeno, enquanto sacarídeos não-amiláceos, como pectina, hemicelulose e celulose, somente são digeridos por enzimas

Tabela 3 - Digestibilidade aparente total de MS (DMS), MO (DMO), PB (DPB), EE (DEE), FDN (DFDN), CNF (DCNF) e CHO (DCHOT), síntese microbiana (Nmic) e NDT observado (NDTo) em vacas alimentadas com diferentes carboidratos no concentrado combinado com óleo de soja

Table 3 - Mean values of total digestibilities of DM (DDM), OM (DOM), CP (DCP), EE (DEE), NDF (DNDF), TCH (DTCH), and NFC (DNFC), microbial protein synthesis and observed total digestible nutrients (TDN) of cows fed diets with different carbohydrate sources plus soybean oil

Item	Fonte de carboidratos ¹				Óleo de soja		
	Carbohydrate source				Soybean oil		
	MI (CO)	FT (WB)	PC (CP)	P>F	0%	2,25%	P>F
DMO, % (DOM, %)	70,10 ^{AB}	68,96 ^B	72,34 ^A	0,0659	70,85	70,09	0,4986
DPB, % (DCP, %)	74,16	75,93	74,82	0,5831	74,66	75,28	0,6658
DEE, % (DEE, %)	76,07	80,59	79,56	0,1112	75,30 ^b	82,17 ^a	0,0008
DFDN, % (DNDF, %)	49,13 ^B	53,36 ^{AB}	56,23 ^A	0,0170	54,04	51,78	0,2332
DCNF, % (DNFC, %)	84,42	83,16	85,48	0,2349	84,18	84,53	0,7463
DCHOT, % (DTCH, %)	68,74 ^B	67,91 ^B	71,30 ^A	0,0399	69,61	69,02	0,5742
Nmic, g N/dia (Nmic, g/day)	253,4	226,5	237,5	0,1265	234,8	244,0	0,3953
NDTo, % (TNDo, %)	69,12 ^B	69,66 ^{AB}	72,23 ^A	0,0506	68,50 ^b	72,17 ^a	0,0015

¹ MI = milho; FT = farelo de trigo; PC = polpa cítrica.

a, b Letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,10) pelo teste F.

A, B Letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,10) pelo teste F.

¹ CO = corn; WB = wheat bran; CP = citrus pulp.

ab Different letters in the same row differ (P<0.10) by F test.

AB Different letters in the same column differ (P<0.10) by F test.

microbianas, o que pode parcialmente explicar também a menor digestibilidade dos CHOT da dieta FT.

A menor digestibilidade da FDN verificada na dieta com milho pode ser explicada pela maior concentração de CNF na dieta (Tabela 1). Batajoo & Shaver (1994) observaram a menor digestibilidade da FDN nas dietas com alto conteúdo de CNF, o que esteve associado ao menor pH, à maior concentração de AGV e à menor taxa acetato:propionato, quando variou o conteúdo da dieta de 24 a 42% de CNF, sugerindo a ocorrência de maior pH, maior proporção de acetato e menor de propionato nas dietas contendo polpa e farelo de trigo.

A produção de nitrogênio microbiano não foi alterada pela presença de óleo, embora tenha apresentado valor 4,0% maior. Observou-se tendência (P = 0,12) de maior síntese microbiana na dieta com MI em relação àquela com FT (253,4 vs 226,5 g N/dia), enquanto o PC foi intermediário às duas (237,5 g N/dia), podendo ser justificado pela diferença entre os conteúdos de CNF nas dietas e a diferente composição dos carboidratos do concentrado. Hall (2001) sugere que o crescimento microbiano pode ser diferente conforme o perfil dos carboidratos disponíveis à fermentação, como amido, pectina e açúcares, indicando que tanto a qualidade como a quantidade de proteína microbiana que chega ao duodeno podem ser alteradas.

As produções de leite e de leite corrigida para proteína e gordura, respectivamente, de 23,5 e 22,6 kg/dia (Tabela 4), não apresentaram resposta para a fonte de carboidrato ou o óleo de soja. Em outros experimentos (Bernard & MacNeill, 1991; Assis et al., 2004; Soares et al., 2004), a substituição do milho por polpa cítrica ou farelo de trigo não provocou diferenças na produção de leite ou na

produção corrigida em vacas de média produção. Entretanto, esses subprodutos não têm assegurado a mesma produção de leite quando substituíram o milho na dieta de vacas de alta produção (Sutton et al., 1987; Solomon et al., 2000; Broderick et al., 2002).

A literatura tem divergido quanto às respostas com suplementação de lipídios para vacas de leite, que dependem da fase da lactação, da fonte e do nível utilizado, além da possibilidade de o maior aporte de energia na dieta ser direcionado a outras funções fisiológicas, como a manutenção dos tecidos ou a reprodução (Palmquist, 1994). Embora não tenha apresentado diferenças sobre a produção, a redução no consumo permitiu que as dietas com óleo apresentassem maior eficiência alimentar (9,8%), não se observando efeito para as fontes de carboidratos.

A porcentagem e a produção de proteína e gordura não foram influenciadas pela fonte de carboidrato. Entretanto, o teor de gordura do leite obtido com dietas contendo óleo foi reduzido, indicando a formação do isômero *trans*-10 C_{18:1} e seu CLA correlato durante a bio-hidrogenação dos ácidos graxos no rúmen (Eifert et al., 2006). O CLA *trans* 10 *cis*-12 C_{18:2} e o *trans*-10 C_{18:1} são formados no rúmen a partir da bio-hidrogenação ruminal do ácido linoléico e estão relacionados à inibição da síntese *de novo* na glândula mamária por reduzir a atividade de enzimas-chave, como a acetil-CoA carboxilase e o ácido graxo sintetase (Baumgard et al., 2002).

Nas dietas contendo óleo, a redução no teor de gordura do leite foi acompanhada por um pequeno acréscimo na produção de leite (23,2 vs 23,8 kg/dia), permitindo similares produções de gordura nos tratamentos com e sem óleo. A presença de óleo também aumentou a relação

Tabela 4 - Produção de leite corrigida (PLcorr) ou não (PL), eficiência da produção de leite (EfPL, kg leite/CMS), porcentagens e produção de gordura e proteína, porcentagens de lactose e de extrato seco desengordurado (ESD), relação proteína:gordura (RPG) e concentração de energia líquida no leite de vacas alimentadas com diferentes fontes de carboidrato no concentrado combinado com óleo de soja

Table 4 - Milk yield (MY) and fat and protein corrected milk (MPcorr), efficiency of milk production (EfMP), contents and yield of milk fat and protein, lactose and solids non fat, protein:fat ratio (PFR), and milk liquid energy concentration of cows fed diets with different carbohydrates sources plus soybean oil

Item	Fonte de carboidratos ¹				Óleo de soja		
	Carbohydrate source				Soybean oil		
	MI (CO)	FT (WB)	PC (CP)	P>F	0%	2,25%	P>F
PL, kg/dia (MY, kg/day)	24,0	23,0	23,7	0,8114	23,2	23,8	0,7587
PLcorr, kg/dia (MPcor, kg/day)	23,0	22,0	22,8	0,8085	22,7	22,5	0,8836
EfPL (EfMP)	1,31	1,27	1,31	0,7899	1,23 ^b	1,35 ^a	0,1026
Gordura, % (Milk fat, %)	3,25	3,24	3,22	0,9025	3,34 ^a	3,13 ^b	0,0052
kg/dia (kg/day)	0,780	0,740	0,760	0,7823	0,778	0,742	0,4525
Proteína, % (Milk protein, %)	3,08	3,13	3,19	0,2140	3,13	3,13	0,8944
kg/dia (kg/day)	0,740	0,715	0,752	0,7898	0,728	0,744	0,7274
RPG (PFR)	0,95	0,97	1,00	0,3797	0,94 ^b	1,00 ^a	0,0298
Lactose, % (Lactose, %)	4,37 ^{AB}	4,34 ^B	4,53 ^A	0,0497	4,49 ^a	4,33 ^b	0,0166
ESD, % (SNF, %)	11,69	11,64	11,83	0,4181	12,05 ^a	11,31 ^b	0,0001
EL, Mcal/kg (NE, Mcal/kg)	0,643	0,644	0,652	0,5398	0,659 ^a	0,633 ^b	0,0011
EL, Mcal/dia (NE, Mcal/day)	15,44	14,71	15,42	0,7549	15,25	15,04	0,7435

¹ MI = milho; FT = farelo de trigo; PC = polpa cítrica.

^{a, b} Letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,10) pelo teste F.

^{A, B} Letras diferentes na mesma linha diferem (P<0,10) pelo teste F.

¹ MI = corn; FT = wheat bran; PC = citrus pulp.

^{ab} Different letters in the same row differ (P<0,10) by F test.

^{AB} Different letters in the same column differ (P<0,10) by F test.

proteína:gordura, o que é interessante para a indústria de derivados do leite e em regiões onde existem cotas para gordura.

A concentração de lactose e de ESD foi reduzida nas dietas contendo óleo. A lactose também diminuiu em relação à fonte de carboidratos utilizada, em que o FT apresentou menor conteúdo que a PC. Lactose é o mais importante constituinte osmótico do leite, por estar associada à secreção de água e ao volume de leite produzido e por ser dependente de glicose para sua síntese. A glicose pode ser originada a partir do propionato do rúmen, do amido absorvido no intestino ou da formação de glicose a partir da gliconeogênese. O menor conteúdo de lactose nas dietas com FT sugere deficiência de precursores de glicose, confirmando a tendência à menor produção de leite em relação às demais dietas.

Em razão das diferentes proporções dos constituintes do leite, a concentração de energia líquida no leite e a secreção diária não foram alteradas pela fonte de carboidrato. Porém, as menores concentrações de lactose e gordura verificadas no leite das vacas sob dietas contendo óleo proporcionaram produção de leite com menor concentração calórica, embora não tenham diferido entre si na secreção total de EL por dia. Isso sugere que houve efeito de diluição e que, apesar da pequena resposta, a redução na concentração energética foi compensada por maior produção de leite.

Conclusões

O milho pode ser substituído pela polpa cítrica ou pelo farelo de trigo na composição do concentrado para vacas de média produção, sem influenciar o consumo e a produção do leite. Entretanto, em virtude das menores taxas de digestão, da síntese microbiana e da proporção de lactose, o farelo de trigo deve ser recomendado com cautela para a inclusão como principal ingrediente no concentrado para vacas de alta produção.

A utilização de óleo de soja em baixos níveis na dieta reduz o consumo alimentar, permitindo maior eficiência na produção de leite. A inclusão de óleo de soja altera a composição do leite, sobretudo a concentração de gordura.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 176p.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.
- ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C et al. Polpa cítrica em dietas de vacas em lactação. 1. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.1, p.242-250, 2004.
- BATAJOO, K.K.; SHAVER, R.D. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.1580-1588, 1994.

- BATEMAN, H.G.; JENKINS, T.C. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p.2451-2458, 1998.
- BAUMGARD, L.H.; MATITASHVILI, E.; CORL, B.A. et al. *Trans*-10, *cis*-12 Conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2155-2163, 2002.
- BERNARD, J.K.; MCNEILL, W.W. Effect of high fiber energy supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.991-995, 1991.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives** - an overview of technical details. Bucksburn: Rowett Research Institute, 1992. 21p. (Occasional publication)
- BEN-GHEDALIA, D.; YOSEF, E.; MIRON, J. et al. The effects of starch and pectin-rich diets on quantitative aspects of digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v.24, p.289-298, 1989.
- BRODERICK, G.A.; MERTENS, D.R.; SIMONS, R. Efficacy of carbohydrate sources for milk production by cows fed diets based on alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1767-1776, 2002.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.
- DRACKLEY, J.K.; BEAULIEU, A.D.; ELLIOTT, J.P. Responses of milk fat composition to dietary fat or nonstructural carbohydrates in Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1231-1237, 2001.
- DRACKLEY, J.K.; CICELA, T.M.; LaCOUNT, D.W. Responses of primiparous and multiparous Holstein cows to additional energy from fat or concentrate during summer. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1306-1314, 2003.
- DURAND, M.; DUMAY, C.; BEAUMATIN, P. et al. Use of the rumen simulation technique (rusitec) to compare microbial digestion of various by-products. **Animal Feed Science and Technology**, v.21, p.197-204, 1988.
- EIFERT, E.C.; LANA, R.P.; LANNA, D.P.D. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com óleo de soja e monensina no início da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.231-240, 2006.
- ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; FAHEY JR., G.C. et al. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets differing in content of nonstructural carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.1512-1525, 1995.
- HALL, M.B. Recentes avanços em carboidratos não fibrosos na alimentação de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM BOVINOCULTURA DE LEITE: NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.149-159.
- IPHARRAGUERRE, I.R.; IPHARRAGUERRE, R.R.; CLARK, J.H. Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2905-2912, 2002.
- JENKINS, T.C. Symposium: Advances in ruminant lipid metabolism - Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.
- LEIVA, E.; HALL, M.B.; Van HORN, H.H. Performance of dairy cattle fed citrus pulp or corn products as source of neutral detergent-soluble carbohydrates. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2866-2875, 2000.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C., (Ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; Van NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds.). **The rumen microbial ecosystem**. 2.ed. Great Britain: Blackie Academic & Professional, 1997. p.524-632.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy, 2001. 381p.
- PALMQUIST, D.L. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. Conference: regulating lipids metabolism to increase productive efficiency. **Journal of Nutrition**, v.124, p.1377S-1382S, 1994.
- RENNÓ, L.N. **Consumo, digestibilidade total e parcial, produção microbiana, parâmetros ruminais e excreções de uréia e creatinina em novilhos alimentados com dietas contendo quatro níveis de uréia ou dois níveis de proteína**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 252p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT. User's guide**. Version 6.12 4.ed. v.1. Cary: 1999. 890p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 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, p.3562-3577, 1992.
- SOARES, C.A.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com farelo de trigo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2161-2169, 2004 (supl. 2)
- SOLOMON, R.; CHASE, L.E.; BEN-GHEDALIA, D. et al. The effect of nonstructural carbohydrate and addition of full fat extruded soybeans on the concentration of conjugated linoleic acid in the milk fat of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1322-1329, 2000.
- SUTTON, J.D.; BINES, J.A.; MORANT, J.D. et al. A comparison of starchy and fibrous concentrates for milk production, energy utilization and hay intake by Friesian cows. **Journal of Agricultural Science**, v.109, p.375-386, 1987.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2686-2696, 1999.
- Van SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- Van SOEST, P.J. Soluble carbohydrates and the non-fiber components of feeds. **Large Animal Veterinary**, v.40, p.44-46, 1987.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.