

Teores de caroço de algodão em dietas contendo silagem de milho para vacas em lactação

Juliano José de Resende Fernandes, Alexandre Vaz Pires*, Flávio Augusto Portela Santos, Ivanete Susin e José Manuel Correia de Simas

Departamento de Zootecnia, ESALQ, Universidade de São Paulo, C.P. 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: alvpires@carpa.ciagri.usp.br

RESUMO. Teores de caroço de algodão (CA) foram acrescentados à dieta de vacas holandesas para avaliar o consumo de matéria seca, digestibilidade de nutrientes, degradabilidade ruminal e parâmetros ruminais. Cinco vacas multíparas, com média de 200 dias de lactação, fistuladas no rúmen e duodeno, foram usadas em um quadrado latino 5 x 5. Os tratamentos foram teores de CA de 0%, 6%, 12%, 18% e 24% da MS das dietas, tendo como volumoso a silagem de milho. Com a adição de caroço de algodão, a produção de leite (kg/dia) e de proteína do leite (g/dia) tiveram comportamentos quadráticos, constatando-se apenas uma tendência quadrática sobre a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. A porcentagem de gordura do leite aumentou ($P < 0,05$) linearmente. Houve uma tendência linear de redução no consumo de matéria seca e matéria orgânica, e uma diminuição linear ($P < 0,05$) na digestibilidade da matéria seca e matéria original. A digestibilidade aparente do extrato etéreo aumentou ($P < 0,05$) linearmente; já as digestibilidades aparentes da proteína bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e energia bruta não sofreram alterações. Os parâmetros ruminais (pH, ácidos graxos voláteis totais) não diferiram entre os tratamentos. Os ácidos acético e propiônico (C_2 e C_3) e a proporção $C_2:C_3$ tiveram um efeito quadrático; o ácido butírico teve uma diminuição linear. A degradabilidade efetiva da matéria seca nas taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/h, a fração rapidamente solúvel e insolúvel em água não sofreram alterações, já a degradabilidade do material insolúvel diminuiu linearmente e a degradabilidade potencial aumentou linearmente.

Palavras-chaves: ácidos graxos, degradabilidade, digestibilidade, pH.

ABSTRACT. Levels of cottonseed in diets containing corn silage for lactating cows.

Five castrated (rumen and proximal duodenum) mature Holstein cows, averaging 200 days in milk, were used in a 5x5 Latin square design to evaluate: dry matter intake, nutrient digestibility and ruminal parameters of diets containing cottonseed. The treatments were T0, T6, T12, T18 e T24 corresponding to 0%, 6%, 12%, 18%, 24% of cottonseed in the diet (Dry Matter basis). The cows were fed 40% concentrate and 60% corn silage. Milk production (kg/day) and milk protein (g/day) had a quadratic response while fat corrected milk production had a quadratic tendency. There was a tendency to reduce dry matter and organic matter intake. Dry matter apparent digestibility was reduced ($P < 0.05$) linearly. Ether extract apparent digestibility was increased ($P < 0.05$) linearly. Apparent digestibility of crude protein, neutral detergent fiber and crude energy were not altered. Acid detergent fiber apparent digestibility was reduced ($P < 0.05$) linearly. Ruminal pH and total volatile fatty acids did not differ among treatments. Acetate and propionate concentration and acetate propionate ratio had a quadratic response while butyrate was reduced ($P < 0.05$) linearly. The effective degradability of dry matter in the passage rates of 2%, 5% and 8%/h, as well as soluble fraction and insoluble in water were not changed, although the degradability of insoluble fraction decreased linearly and the potential degradability increased linearly.

Key words: volatile fatty acids, degradability, digestibility, pH.

Introdução

Os benefícios de se aumentar o teor de lipídios nas dietas para vacas em lactação foram amplamente

documentados em inúmeros trabalhos de pesquisa e extensas revisões. A utilização de alimentos ricos em lipídios na dieta de ruminantes é de grande valia, por aumentar a densidade energética da dieta sem

umentar os riscos de ocorrências de acidose ruminal. Entretanto, a adição desses nutrientes à dieta em quantidades consideráveis pode prejudicar a digestibilidade de fibra no rúmen e ou provocar distúrbios metabólicos, comprometendo o desempenho animal.

Uma das fontes de gordura mais utilizadas em fazendas especializadas em produção leiteira é o caroço de algodão, o qual contém 2,22 Mcal/kg de EL_L (Energia líquida de lactação), 23% de proteína bruta, 44% de FDN e 34% de FDA (NRC, 1989). Uma parte da fibra é constituída pelo “linter” (10% do peso do caroço de algodão), que é de alta digestibilidade. O caroço de algodão é relativamente rico em proteína, comparado com grãos de cereais, e pode suprir uma importante porção da exigência de proteína de uma vaca leiteira. A alta energia reflete o teor de óleo do caroço (20% da MS). O caroço de algodão tem sido utilizado no teor máximo de 15% do total da dieta de vacas leiteiras para minimizar o efeito da gordura insaturada na fermentação ruminal.

A maioria dos trabalhos realizados incluindo caroço de algodão utilizou silagem de alfafa como volumoso. O objetivo do presente trabalho foi avaliar teores crescentes de caroço de algodão (0%; 6%; 12%; 18% e 24%) na MS da dieta de vacas Holandesas, multiparas (com produção superior a 15 kg de leite/dia), tendo como volumoso a silagem de milho. Os parâmetros avaliados foram: digestibilidade dos nutrientes no trato digestivo total; degradabilidade ruminal das dietas; concentração de ácidos graxos voláteis no rúmen; pH ruminal; consumo de MS e produção, e composição do leite.

Material e métodos

Foram utilizadas cinco vacas da raça Holandesa preto e branco (HPB), canuladas no rúmen e no duodeno proximal, sendo que todas estavam no final de sua segunda lactação, com uma produção média diária de 15 kg de leite.

As dietas foram formuladas para serem isoprotéicas, contendo silagem de milho como volumoso. Todas as dietas tiveram a mesma proporção de volumoso : concentrado (60:40). Os teores de caroço de algodão foram determinantes dos tratamentos. Os tratamentos testados foram: dieta controle sem caroço de algodão (CA) (T0), 6% de CA (T6), 12% de CA (T12), 18% de CA (T18) e 24% de CA (T24) em relação à MS da dieta. A composição e proporção das dietas estão demonstradas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Proporção dos componentes das dietas como base na matéria seca

Ingredientes (%)	Tratamentos ¹				
	T0	T6	T12	T18	T24
Silagem de Milho	59,96	60,00	59,94	59,67	59,55
Farelo de Soja	16,61	14,83	12,70	10,77	8,21
Milho Moído	21,06	16,17	12,36	8,80	5,57
Caroço de Algodão		5,93	11,93	17,89	23,94
Uréia	0,76	0,77	0,77	0,77	0,77
Premix ¹	1,61	2,30	2,30	2,11	1,97

¹Porcentagem de CA na matéria seca, T0 = 0%; T6 = 6%; T12 = 12%; T18 = 18% e T24 = 24%; ²Premix (kg): Fósforo - 65g; Cálcio - 120g; Magnésio 20g; Enxofre - 30g; Sódio - 150 g; Manganês - 3.000 mg; Ferro - 500 mg; Zinco - 4.000mg; Cobre - 1.250 mg; Cobalto - 180 mg; Iodo - 120 mg; Selênio - 25 mg; Flúor(max) - 0,65g

Tabela 2. Composição dos nutrientes das dietas (%MS)

Nutrientes ²	Tratamentos ¹				
	T0	T6	T12	T18	T24
PB%	17,87	17,94	17,44	17,01	16,03
FDN %	33,36	35,36	37,09	39,55	41,79
FDA %	20,67	22,02	24,00	26,17	28,22
EE %	2,67	3,59	4,53	5,85	6,90
EB (Mcal/kg MS)	4.207,4	4.251,6	4.334,5	4.372,1	4.423,9

¹Porcentagem de CA na matéria seca, T0 = 0%; T6 = 6%; T12 = 12%; T18 = 18% e T24 = 24%; ²PB=proteína bruta; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido; EE=extrato etéreo; EB=energia bruta. ³Erro padrão da média

O fornecimento do alimento foi feito duas vezes por dia (6h e 18h), permitindo uma sobra de 5% a 10%, que foi retirada e pesada diariamente. Utilizou-se um quadrado latino 5x5 com 5 sub-períodos de 18 dias cada, sendo 14 dias para adaptação e 4 dias de período de coleta.

O óxido de cromo foi utilizado como marcador externo, para determinação da digestibilidade do alimento. Envelopes de papel sulfite branco, contendo a quantidade de 10 g de marcador, foram introduzidos no rúmen através da cânula ruminal às 8h e às 20h, totalizando 20 g por dia/animal, durante 10 dias consecutivos, iniciando-se no nono dia de cada sub-período até o último.

O alimento oferecido e o recusado foram pesados diariamente para determinação do consumo de matéria seca (MS) por animal/dia, durante os quatro últimos dias de cada sub-período. Antes do fornecimento das dietas, amostras de alimento oferecido foram coletadas separadamente (a silagem na quantidade de 200 g/dia). As sobras de alimento foram amostradas e compostas por vaca e período. As amostras foram conservadas congeladas a -20°C e, posteriormente, foram descongeladas e secas em estufas de ventilação forçada (55-60°C) por 72 horas, para determinação de matéria seca, de acordo com AOAC (1990).

As amostras de alimento oferecido e recusado, depois de secas, foram moídas em um moinho tipo Willey, provido de peneiras de 1mm e analisadas para matéria seca (105°C durante 15 horas), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e proteína bruta

(PB), de acordo com a AOAC (1990), e fibra em detergente neutro (FDN) e fibra detergente ácido (FDA), de acordo com Van Soest (1991).

As amostras de fluido ruminal foram coletadas no último dia de coleta de cada sub-período, com intervalos de duas horas entre as coletas. Os tempos de coleta foram determinados obedecendo aos horários da alimentação, ou seja, o momento do fornecimento da dieta aos animais foi tomado como tempo zero. A partir daí se amostrou o fluido ruminal até o fornecimento da próxima dieta. As amostras de fluido ruminal, para determinação de ácidos graxos voláteis (AGV), foram descongeladas, centrifugadas a 11.000 g e temperatura 4°C, durante 20 minutos. Uma porção de 4 mL desse centrifugado foi utilizado para análise de AGVs, de acordo com Palmquist e Conrad (1971), utilizando um cromatógrafo líquido gasoso (CLG) Hewlett Packard 5890, séries II (Jewlett - Pacard Company, Avondale, PA). As temperaturas de injetor, detector e coluna foram de 150°C, 190°C e 115°C, respectivamente.

Foram coletadas amostras de fezes, da porção final do reto, nos últimos 4 dias de cada sub-período a cada oito horas. Essas porções foram secas em estufas de ventilação forçada (55-60°C) por 72 horas, depois moídas em moinho do tipo Wiley, provido de peneiras de 1mm para determinação do cromo, segundo Fenton e Fenton (1979), com leitura em espectrofotômetro de absorção atômica. A determinação da matéria seca (105°C durante 15 horas), matéria orgânica e proteína bruta foram realizadas de acordo com a AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisadas de acordo com Van Soest (1991). O EE nas fezes foi determinado com éter de petróleo adicionado de 10% de ácido acético para liberar os ácidos graxos (Mattos e Palmquist, 1974).

A digestibilidade aparente (D) no trato digestivo total da MS e demais nutrientes da dieta foram calculados utilizando-se os valores de cromo recuperado e cromo oferecido a cada animal pela fórmula:

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

A ordenha foi realizada duas vezes ao dia (8h e 18h) com um sistema de balde ao pé. O leite foi pesado diariamente nas duas ordenhas para controle individual de produção. A determinação de proteína e gordura foram realizadas nas amostras coletadas nos quatro últimos dias de cada período. A

determinação foi por leitura de absorção de infravermelho próximo, utilizando um equipamento Blentley 2000 do Laboratório de Análise de Leite/Departamento de Produção Animal da Esalq/USP, Piracicaba, Estado de São Paulo. O leite corrigido para gordura a 3,5% foi calculado através da fórmula LCG (3,5%) = (0,4337 * kg leite produzido por dia) + (16,218 * kg gordura produzida por dia) (Gravert, 1987).

Para determinação da degradabilidade *in situ*, as amostras da dieta (em torno de 5,5 g) foram moídas em peneira de 2mm, pesadas e colocadas nos sacos de poliéster de 10x15cm, com porosidade média de 45 µm. Os sacos foram introduzidos no rúmen em duplicatas, todos em um mesmo horário e retirados gradativamente, respeitando os seguintes horários: 0h, 2h, 4h, 8h, 12h, 24h, 48h e 72h após a incubação ruminal. Cada animal estava recebendo a mesma dieta, que foi colocada nos sacos de poliéster. Os sacos, depois de recolhidos, foram enxaguados imediatamente com água fria.

Os dados das amostras incubadas foram processados utilizando o "software Fit Curve" desenvolvido pelo Rowett Research Institute, Aberdeen, Escócia, que fornece, dentre outras informações, os parâmetros do modelo de degradabilidade ruminal de Orskov e McDonald (1979). A degradabilidade potencial *in situ* da matéria seca (MS) foi calculada de acordo com a equação:

$$dg = a + b(1 - e^{-ct})$$

Sendo:

dg = a degradabilidade estimada;

a = fração rapidamente solúvel em água;

b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável;

c = taxa de degradação da fração b;

e = logaritmo natural e a + b = potencial de degradabilidade.

A degradabilidade efetiva foi calculada pela equação de Orskov e McDonald (1979): $p = a + bc/c + k$, em que: k é a taxa de passagem.

O delineamento experimental utilizado foi um Quadrado Latino 5x5 (cinco animais e cinco períodos).

Os dados obtidos foram avaliados pelo procedimento GLM (*Generalized linear models*) do programa estatístico SAS (1991), utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = M + A_i + P_m + S_j + E_{ijk}$$

Em que:

M = Média geral;
 A_i = Efeito de animal;
 P_m = Efeito de período;
 S_j = Efeito dos teores de caroço de algodão;
 E_{ijk} = Efeito aleatório.

O pH e AGV foram analisados estatisticamente como parcelas subdivididas no tempo. Os efeitos de tratamento animal e período foram testados com relação às parcelas. A interação horários de coleta x tratamentos foram testadas com relação às sub-parcelas.

Resultados e discussão

Houve uma tendência ($P < 0,078$) de efeito linear na redução do consumo de matéria seca (CMS) à medida que a inclusão de caroço de algodão (CA) na dieta superou 12% da MS da dieta, Tabela 3. Essa redução de consumo provavelmente é devido à diminuição da digestibilidade ruminal da fibra, quando se tem adição de gordura à dieta. Devendra e Lewis (1974) propuseram várias teorias para explicar a redução na digestão de fibra nos ruminantes alimentados com dietas ricas em gordura por meio da inibição da atividade microbiana, sendo essas: 1) efeito ativo - superficial na membrana celular; 2) camada de ácidos graxos na superfície da fibra; 3) modificação da população microbiana devido ao efeito tóxico dos ácidos graxos livres; e 4) redução da disponibilidade de cátions afetando o pH. Todos esses efeitos levam a uma diminuição na produção ruminal de proteína microbiana, assim com a redução na digestibilidade de nutrientes.

Tabela 3. Efeito do caroço de algodão (CA) no consumo de matéria seca e desempenho de vacas leiteiras

Itens ¹	Tratamentos ²						Efeitos	
	T0	T6	T12	T18	T24	EPM ³	Linear	Quad.
CMS Kg/dia	16,9	17,1	16,9	16,0	15,3	0,67	0,078	0,332
Leite, Kg/dia	16,6	17,6	17,1	16,9	14,6	0,74	0,070	0,047
PLCG 3,5% Kg/dia	16,4	17,1	17,2	17,5	15,5	0,79	0,651	0,100
EA (PLCG/CMS)	0,9	1,0	1,0	1,1	0,9	0,05	0,556	0,404
Gordura do Leite								
%	3,4	3,3	3,5	3,8	4,0	0,10	0,00020	0,0781
g/dia	566,4	584,8	607,6	632,7	569,5	30,69	0,588	0,186
Proteína do Leite								
%	3,2	3,3	3,2	3,1	3,2	0,08	0,60	0,98
g/dia	531,47	587,66	624,05	527,14	461,76	38,82	0,12	0,02

¹Itens: CMS = consumo de matéria seca; PLCG = produção de leite corrigida para gordura; EA = eficiência alimentar. ²Porcentagem de CA na matéria seca, T0 = 0%; T6 = 6%; T12 = 12%; T18 = 18% e T24 = 24%; ³EPM = Erro padrão da média

Trabalhos utilizando CA processado ou outra fonte de gordura (Mohamed et al., 1988; Lanham et al., 1992; Hawkins et al., 1995) demonstraram uma redução no consumo de MS. Entretanto, Smith et al. (1981) não encontraram efeito no consumo de matéria seca quando utilizaram teores (0%, 5%, 15%, 25%) de CA e silagem de milho como volumoso na

dieta de vacas leiteiras. Resultados similares também foram encontrados por outros autores, os quais utilizaram outras fontes de volumoso (DePeters et al., 1985; Horner et al., 1988a; Wu et al., 1993, 1994; Villela et al., 1996).

Houve efeito quadrático na produção de leite ($P < 0,05$) com o aumento de CA na dieta e uma tendência de efeito quadrático ($P < 0,1$) para produção de leite corrigida para 3,5% de gordura. Entretanto, outros autores têm mostrado que o aumento do teor de gordura na dieta não altera a produção de leite corrigida para gordura (Palmquist e Conrad, 1978; Grant e Weidner, 1992; Pires et al., 1996; Villela et al., 1996). A produção de gordura do leite (g/d) não foi alterada ($P > 0,05$) com a adição de caroço de algodão na dieta; já a concentração de gordura (%) aumentou linearmente ($P < 0,05$). Por outro lado, a porcentagem de gordura do leite não foi observada em outros trabalhos (Palmquist et al. 1978; Bernard, 1990; Wu et al., 1994; Rabelo, 1995; Pereira et al., 1998;). O teor de proteína do leite não sofreu alterações com a adição de caroço de algodão na dieta ($P > 0,05$); já a produção de proteína em g/d teve um comportamento quadrático. Houve tendência de efeito linear de redução no CMS com a adição de caroço de algodão à dieta de vacas em lactação. Pires et al. (1997) também encontraram uma diminuição no consumo de matéria orgânica quando acrescentaram caroço de algodão à dieta.

Palmquist e Corand (1991) propuseram uma redução de 2,2% na digestibilidade de MS para cada 100g de gordura consumida e também sugeriram que essa redução da digestibilidade ocorre linearmente com o aumento da gordura na dieta de vacas em lactação. Jenkins e Jenny (1989) consideraram que a gordura suplementar geralmente diminui e, em alguns casos, tem efeito mínimo sobre a digestibilidade da matéria seca. No presente trabalho, a digestibilidade aparente da matéria seca do tratamento T24 diminuiu 4,36% quando comparado com o tratamento T0. O consumo de gordura foi 0,61 g superior ao tratamento T24, ocorrendo uma redução na digestibilidade aparente da matéria seca de 1,06%/100g de gordura consumida, inferior à proposta feita por Palmquist e Corand (1991).

O coeficiente de digestibilidade aparente da FDN no trato total não sofreu influência com a adição de CA nas dietas. Esse mesmo resultado foi encontrado por Wu et al. (1993) quando acrescentaram fontes de gordura nas dietas. Outros trabalhos (Smith et al., 1981; Wu et al., 1994) também não observaram influência do caroço de algodão na digestibilidade da FDN.

O coeficiente de digestibilidade aparente no trato total da FDA diminuiu linearmente com o aumento de CA nas dietas (Tabela 4). Esse resultado também foi observado por Oliveira Junior (2000) quando acrescentou grão de soja nas dietas de cabras em lactação. Wu *et al.* (1994), quando compararam fontes e quantidades de suplementação com gordura para vacas em lactação, não observaram diferenças na digestibilidade aparente da FDA. Schauff e Clark (1992), utilizando gordura protegida (0%, 2% e 5%) na dieta de vacas em lactação, não observaram alteração na digestibilidade aparente da FDA. Da mesma forma, Palmquist e Conrad (1980) também não verificaram diferença na digestibilidade aparente da FDA com suplementação de gordura em dietas para vacas em lactação.

O coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta não foi alterado com adição de CA nas dietas. O mesmo resultado foi observado por outros autores (Palmquist e Conrad, 1980; Bernard, 1990; Wu *et al.*, 1994; Rabelo, 1995).

O consumo de extrato etéreo aumentou linearmente ($P < 0,01$) com a adição de CA nas dietas, pois o aumento na concentração de extrato etéreo proporcionado pela inclusão do CA na dieta superou a tendência de redução no consumo de matéria seca, promovendo um aumento linear ($P < 0,01$) na digestibilidade aparente dessa fração. O coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo também aumentou linearmente. Entretanto, outros autores (Palmquist e Conrad, 1980; Wu *et al.*, 1994; Rabelo, 1995; Pereira *et al.*, 1998) não demonstraram alterações no coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo quando foram adicionadas outras fontes de gordura a dieta.

Não houve diferença ($P > 0,05$) no pH entre os valores médios diários de cada tratamento (parcelas), ao longo do dia (subparcelas), na interação tratamento x tempo. Esse efeito pode ser devido ao "linter" do caroço de algodão, ou devido à redução de propionato e concentração AGV total.

Tabela 4. Efeito do caroço de algodão na digestibilidade aparente dos nutrientes no trato digestivo total de vacas em lactação

Itens ¹	Tratamentos ²					Efeito	
	T0	T6	T12	T18	T24	EPM ³	Linear Quad.
PB, %	76,1	78,6	73,6	76,3	76,9	1,53	0,89 0,52
FDN, %	56,0	57,6	55,7	54,5	55,9	1,89	0,57 0,96
FDA, %	56,4	58,7	56,0	52,5	51,0	2,37	0,04 0,47
EE, %	46,2	59,9	62,0	68,6	68,9	4,06	0,00 0,16
EB, %	68,1	69,6	67,0	66,5	66,8	1,30	0,18 0,96

¹PB=proteína bruta; FDN=fibra em detergente neutro; FDA=fibra em detergente ácido; EE=extrato etéreo; EB=energia bruta. ²Erro padrão da média; ³Porcentagem de CA na matéria seca, T0 = 0%; T6 = 6%; T12 = 12%; T18 = 18% e T24 = 24%

Da mesma forma, a concentração de AGV total não diferiu ($P > 0,05$) entre os valores médios de

cada tratamento (parcelas), tampouco na interação tratamento x tempo. Esse mesmo resultado foi encontrado por Keele *et al.* (1989), Pena *et al.* (1986), Horner *et al.* (1988a) e Pires *et al.* (1997) quando adicionaram caroço de algodão ou outra fonte de gordura na dieta. Entretanto, Horner *et al.* (1988b), trabalhando com digestibilidade *in vitro*, encontraram diminuição de aproximadamente 7% com o aumento de CA de 0% para 30% na dieta.

A concentração de ácido acético (C2) foi afetado quadraticamente com o acréscimo de caroço de algodão nas dietas (Tabela 5). O aumento da proporção de ácido acético foi encontrado em outros trabalhos com a adição de caroço de algodão ou outra fonte de gordura à dieta (Horner *et al.*, 1988a, b; Pires *et al.*, 1997). Essa resposta foi explicada pelos autores pelo aumento de *linter* proveniente do caroço de algodão à dieta, o qual, por sua vez, é rico em fibra de alta degradabilidade ruminal.

Tabela 5. Efeitos da adição de caroço de algodão sobre os parâmetros ruminiais

	Tratamentos ¹				
	T0	T6	T12	T18	T24
pH ²	6,07	6,08	6,00	6,14	6,11
AGVT (mM) ^{3,8}	100,59	103,21	105,34	100,73	100,38
Ác. Acético (mM) ⁴	68,05	69,42	69,36	68,72	68,74
Ác. Propiônico (mM) ⁵	22,49	21,59	21,21	23,29	23,56
Ác. Butírico (mM) ⁶	9,46	8,99	9,43	7,99	7,70
Ác.acético/Ác.propiônico ⁷	3,14	3,28	3,31	3,01	2,94

¹Porcentagem de CA na matéria seca, T0 = 0%; T6 = 6%; T12 = 12%; T18 = 18% e T24 = 24%; ² $P > 0,20$; ³ $P > 0,68$; ⁴ Efeito quadrático $\rightarrow P < 0,02$; ⁵ Efeito quadrático $\rightarrow P = 0,060$; ⁶ Efeito quadrático $\rightarrow P < 0,01$; ⁷ Efeito quadrático $\rightarrow P < 0,01$; ⁸ AGVT \rightarrow ácidos graxos voláteis totais

A proporção de ácido propiônico, em valores médios, ao longo do dia e a interação tratamento x tempo não foram afetadas ($P > 0,05$) com a adição de CA nas dietas. Entretanto, houve um efeito quadrático ($P < 0,05$) na proporção média de ácido propiônico entre os tratamentos. Por outro lado, Pires *et al.* (1997) não encontraram diferença na concentração de ácido propiônico quando adicionaram caroço de algodão à dieta. Já Horner *et al.* (1988a) observaram uma diminuição de propionato em dietas com 15% de caroço de algodão. Mohamed *et al.* (1988) e Keele *et al.* (1989) encontraram um acréscimo na proporção de ácido propiônico quando adicionaram uma fonte de gordura à dieta.

A proporção de ácido butírico teve uma diminuição ($P < 0,05$) linear com o aumento de caroço de algodão na dieta. Essa resposta foi encontrada por Mohamed *et al.* (1988), Keele *et al.* (1989) e Horner *et al.* (1988b), provavelmente devido a um aumento no consumo de ácidos graxos de cadeia longa com o aumento de caroço de algodão à dieta, causando, conseqüentemente, uma redução

no número de protozoário ruminal, o qual, por sua vez, é um dos principais responsáveis pela produção de ácido butírico.

Não houve diferença ($P > 0,05$) na relação acético/propiónico entre os valores de interação tratamento x tempo, tampouco diferença ao longo do dia. Houve uma diferença quadrática entre os valores médios diários de cada tratamento.

Com o aumento dos teores de CA na dieta, não se encontrou efeito linear nem quadrático ($P > 0,05$) na degradabilidade efetiva da matéria seca da dieta nas taxas de passagem de 2%, 5% e 8%/h. Também não foi encontrado efeito na fração solúvel das dietas ($P > 0,10$), provavelmente pela indiferença encontrada nas frações rapidamente solúvel e insolúvel em água, mas potencialmente degradável.

Foi encontrado efeito linear significativo ($P < 0,05$) para degradabilidade do material insolúvel e para a degradabilidade potencial (Tabela 6). Houve uma diminuição desses parâmetros à medida que se acrescentou caroço de algodão à dieta. Essa queda provavelmente foi proveniente de um aumento da lignina juntamente como o acréscimo do caroço de algodão. A lignina da dieta foi de 0,58; 1,59; 2,61; 4,14 e 5,52 para os teores de 0%, 6%, 12%, 18% e 24% de caroço de algodão à dieta respectivamente.

Tabela 6. Parâmetros da degradabilidade *in situ*, das dietas, segundo Fit Curve

Ítems ¹	Tratamentos ³					EPM ²	Efeito	
	T0	T6	T12	T18	T24		Linear	Quad.
a	23,9	23,0	23,1	18,2	22,2	2,15	0,25	0,55
b	60,5	61,5	59,5	53,9	51,1	3,85	0,05	0,45
c	0,04	0,04	0,06	0,08	0,07	0,01	0,02	0,92
0,02	64,0	64,1	65,9	60,2	62,6	1,97	0,29	0,69
0,05	51,4	51,6	53,9	50,4	53,0	1,67	0,72	0,88
0,08	45,0	44,4	47,4	44,7	47,2	1,36	0,31	0,91
FS	18,9	14,9	22,4	21,3	19,6	1,48	0,12	0,49
DMI (%)	65,4	69,5	59,8	50,7	53,7	3,59	0,002	0,91
DP (%)	84,4	84,5	82,2	72,0	73,4	3,32	0,006	0,67

¹Ítems: a = fração rapidamente solúvel em água; b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c = taxa de degradação da fração b; FS = fração solúvel; DMI = degradabilidade do material insolúvel; DP = degradabilidade potencial; ² Erro Padrão da média; ³ Porcentagem de CA na matéria seca, T0 = 0%; T6 = 6%; T12 = 12%; T18 = 18% e T24 = 24%

A adição de teores crescentes de caroço de algodão, em dieta contendo silagem de milho, pode ser feita com segurança e sem grandes prejuízos ao processo digestivo até o teor de 12% de caroço de algodão da matéria seca da dieta.

Referências

AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 12. ed., Washington: AOAC, 1990.

BERNAD, J.K. Effects of raw or roasted whole soybeans on digestibility of dietary nutrients and milk production of

lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.73, p.3231-3236, 1990.

DePETERS, E.J. et al. Effects of feeding whole cottonseed on composition of milk. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.68, p.897-905, 1985.

DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fiber in the sheep. *An. Prod.*, East Lothian, v. 59, p. 67, 1974.

FENTON, T.W.; FENTON. An improved procedure for determination of chromic oxide in fed and feces. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 59, p. 631-634, 1979.

GRANT, R.J.; WEIDNER, S.J. Effect of fat from whole soybeans on performance of dairy cows fed rations differing in fiber level and particle size. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 75, p. 2742-2741, 1992.

GRAVERT, H.O. Dairy Cattle Production. Nova York: Elsevier Science, Breeding of dairy cattle, 1987. p.35-76.

HAWKINS, F.E. et al. Physiological effects of whole cottonseed in diet of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.68, p. 2608-2615, 1995.

HORNER, J.L. et al. Effects of niacin and whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability, and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.71, p.1239-1247, 1988a.

HORNER, J.L. et al. Effects of whole cottonseed, niacin, and niacinamide on *In Vitro* rumen fermentation and on lactating holsteins cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.71, p.3334-3344, 1988b

JENKINS, T.C.; JENNY. B.F.; Effects of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestibility of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.72, p.2316-2321, 1989.

KEELE, J.W. et al. Ruminal metabolism in nonlactating cows fed whole cottonseed or extruded soybeans. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.67, p.1612-1622, 1989.

LANHAM, J.K. et al. Effects of whole cottonseed or niacin or both on casein synthesis by lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.75, p.184-192, 1992.

MATTOS, W.; PALMQUIST, D.L. Increased polyunsaturated fatty acids yields in milk of cows fed protected fat. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.57, p.1050-1054, 1974.

MOHAMED, O.E. et al. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.64, p.2677-2688, 1988.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6. ed. Washington: NRC/National Academy Press, 1989.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. *Efeitos de níveis de grão de soja na digestibilidade de nutrientes e no desempenho da lactação de cabras leiteiras*. 2000. Dissertação (Mestrado) -Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agr. Sci.*, Madison, v.92, p.499-503, 1979.

- PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High levels of raw soybeans for dairy cows. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.33, p.295-304, 1971.
- PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and plasma metabolites. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.61, p.890-897, 1978.
- PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.63, p.391-402, 1980.
- PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.74, p.1354-1360, 1991.
- PENA, F. *et al.* The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.62, p.1423-1433, 1986.
- PEREIRA, C.M.A. *et al.* Grãos de soja moída na ração de vacas em lactação. 2 produção e composição o leite. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.27, n.6, p.1225-1233, 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.
- PIRES A.V. *et al.* C.Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.80, p.1685-1694, 1997.
- RABELO, T.G. *Grão de soja moído na alimentação de vacas lactantes.* 1995. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SAS Institute. *SAS/STAT user's guide.* Cary: Statistical Analysis System Institute, 1991.
- SCHAUFF, D.J.; CLARK, J.H. Effects of feeding diets containing calcium salts of long-chain fatty acids to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.75, p.2900-3002, 1992.
- SMITH, N.E. *et al.* Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.64, p.2209-2215, 1981.
- 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.3583-3594, 1991.
- VILLELA, S.D.J. *et al.* Caroço de algodão para vacas leiteiras 1. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.25, n.2, p.298-308, 1996.
- WU, Z. *et al.* Effect of three supplemental fat sources on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.76, p.3562-3570, 1993.
- WU, Z. *et al.* Effect of source and amount of supplemental fat on lactation and digestion in cows. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.77, p.1644-1651, 1994.

Received on October 30, 2001.

Accepted on April 22, 2002.