

Degradação da proteína e fibra do caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum* L.) no rúmen

Whole linted cottonseed meal (*Gossypium hirsutum* L.) protein and fiber degradability in the rumen

Deborah Clea RUY¹; Carlos de Sousa LUCCI¹; Laércio MELOTTI¹; Milton Luiz Moreira LIMA²

CORRESPONDENCE TO:
Carlos de Sousa Lucchi
Departamento de Criação de Ruminantes e Alimentação Animal
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP
Av. Duque de Caxias Norte, 225
Caixa Postal 23
13680-000 - Pirassununga - SP - Brasil

1 - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP - SP
2 - Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - USP - Piracicaba - SP

RESUMO

O experimento teve como objetivo avaliar a degradabilidade "in situ" da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente ácido (FDA) do caroço de algodão integral (CAI) em substituição ao farelo de algodão, empregando-se silagem de sorgo (SS), como único volumoso. Além disso, avaliaram-se as alterações no pH e cinética de fermentação ruminal de 9 bovinos, machos, com fistulas no rúmen. Os tratamentos foram: A = 0% CAI, B = 6,6% CAI e C = 15% CAI; a silagem de sorgo entrou na proporção de 70% em todos os tratamentos. As rações eram isonitrogenadas, com aproximadamente 12% de PB na MS. Houve diferença estatística ($p < 0,05$) para a degradação de MS no tempo 48 horas (A = 54,4%; B = 54,2% e C = 58,7%), de PB às 12 horas (A = 40,3%; B = 47,7%; e C = 53,1%) e de FDA às 48 horas (A = 40,3%; B = 41,2% e C = 45,6%), ocorrendo maiores taxas de degradação com o aumento do nível de CAI na dieta. Os demais parâmetros (volume ruminal, "turn over" do digesto ruminal e pH do conteúdo ruminal) não mostraram diferenças significativas entre tratamentos. O emprego crescente de CAI, até 15% da MS da ração, aumentou a degradação da MS, da PB e da FDA desse produto.

UNITERMOS: Digestibilidade; Ruminantes; Bovinos; Fístula; Caroço de algodão.

INTRODUÇÃO E LITERATURA

O farelo de algodão, segundo o National Research Council¹⁶ (1989), contém 44,3% de proteína bruta (PB), 5,0% de extrato etéreo (EE), 6,6% de matéria mineral (MM), 12,8% de fibra bruta (FB), 28,0% de fibra em detergente neutro (FDN), 20,0% de fibra em detergente ácido (FDA) e 78,0% de nutrientes digestíveis totais (NDT) em sua matéria seca (MS), sendo considerado um suplemento protéico.

O caroço de algodão com linter, de acordo com o National Research Council¹⁶ (1989), possui 23,0% de PB, 20,0% de EE, 44,0% de FDN, 34,0% de FDA (sendo deste valor 10,0% representados pela lignina) e 96,0% de NDT (Coppock *et al.*⁵, 1987).

Coppock; Wilks⁷ (1991) afirmaram que o fornecimento de lipídios provenientes de sementes oleaginosas compreende uma liberação lenta da gordura durante o decorrer de todo o dia, devido à regurgitação e remastigação das sementes. Esse fato permitiria ação dos microorganismos ruminais em hidrogenar as ligações duplas dos ácidos graxos insaturados, impedindo o efeito inibidor da gordura sobre a digestibilidade da fibra.

No tocante ao consumo de MS, Anderson *et al.*¹ (1979); Smith *et al.*²¹ (1981); Sklan *et al.*²⁰ (1992) empregaram CAI em dietas experimentais e não observaram efeitos na ingestão.

Já Coppock *et al.*⁶ (1985), utilizando de 10 a 30% de semente de algodão na MS total, encontraram diminuição significativa na ingestão da MS. Mohamed *et al.*¹⁵ (1998) verificaram ingestões menores de MS quando utilizaram 16,5% de CAI na MS total. Coppock *et al.*⁵ (1987), em revisão sobre o assunto, concluíram que o fornecimento de CAI em proporção de até 25% da MS da dieta não afeta o consumo de alimentos.

Teixeira; Huber²⁴ (1989) avaliaram o efeito do tamanho da partícula na incubação de semente do algodão, empregando-a na forma inteira, quebrada ou moída, e concluíram que, apesar de os desaparecimentos de proteína bruta e matéria seca após 24 horas terem sido maiores com a semente moída, a forma quebrada é a que mais se aproxima do caroço mastigado (79,8% e 21,0% para a forma moída e 51,4% e 12,7% para a forma quebrada, respectivamente para proteína bruta e matéria seca). Pena *et al.*¹⁹, aquecendo o CAI, obtiveram um aumento no fluxo de aminoácidos para o intestino, em relação ao produto cru.

Tagari *et al.*²³ (1986) e Stutts *et al.*²² (1988) observaram maior desaparecimento do caroço cru no rúmen, com 12 horas de incubação. Arieli *et al.*³ (1989) registraram que o aquecimento do CAI a temperaturas mais altas que 140°C provoca menor chegada de proteína ao duodeno.

Os objetivos do presente trabalho foram avaliar a

degradabilidade da matéria seca, da proteína bruta e da fibra (obtida em detergente ácido) do CAI em dietas que substituíam, em níveis crescentes, farelo de algodão por caroço de algodão integral, incluindo avaliação das condições de pH e cinética ruminal.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus Administrativo de Pirassununga.

Foram comparados três tratamentos (suplementos protéicos) em rações contendo silagem de sorgo como único alimento volumoso: A-100% de farelo de algodão (FA); B-66% de farelo de algodão (FA) e 33% de caroço de algodão quebrado (CAI); e C-33% de farelo de algodão (FA) e 66% de caroço de algodão integral quebrado (CAI). Essas rações eram isonitrogenadas e continham 12% de proteína na MS total; as porcentagens de CAI nas dietas foram: 0%, 6,6% e 15%, respectivamente nos tratamentos A, B e C.

A silagem de sorgo foi retirada diariamente do silo no período da manhã e fornecida em duas refeições diárias, bem como os concentrados, às 8 e às 15 horas. O sal mineral era fornecido pela manhã.

Os animais, em número de 9, mestiços, com peso médio de 400 kg e dotados de cânulas ruminais, para realização do trabalho de degradabilidade "in situ". O delineamento experimental escolhido foi "change over" 3x3 com três grupos de animais (Gomes¹⁰, 1985). O pH ruminal foi analisado em "change over", com parcelas subdivididas (Gill⁸, 1986).

A técnica adotada foi a dos sacos de náilon (que continham apenas CAI) suspensos no rúmen, incubados por 1,5; 3,0; 6,0; 12,0; 24,0; 48,0 e 72,0 horas, para determinação das taxas de degradabilidade. No fim dos subperíodos experimentais, cada animal recebia, via cânula, o marcador-polietilenoglicol (PEG 4.000) e Hyden¹² (1956). Colheu-se líquido ruminal nos tempos 0, 1, 6, 9, 12 e 24 horas para determinação das taxas de

passagem da fase líquida e do volume ruminal. O pH foi medido nos tempos -2, 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas, sendo o tempo zero, de inserção de PEG.

Foram analisadas as degradações "in situ" das frações: MS, PB e FDA do CAI (Orskov *et al.*¹⁷, 1980; Mehrez; Orskov¹⁴, 1977). As análises bromatológicas seguiram a metodologia de Goering; Van Soest⁹ (1970) e do Association Of Official Analytical Chemists⁴ (1984), no caso específico da fibra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tab. 1 contém a composição bromatológica das matérias-primas utilizadas e das dietas experimentais.

As proporções de FDA, FDN e EE para os concentrados A, B e C foram respectivamente de A = 24,02; 38,82 e 3,08; B = 27,04; 41,36 e 5,66; C = 29,93; 44,78 e 5,68.

Os teores de extrato nas três dietas foram influenciados diretamente pelos níveis inferiores de graxa apresentados pelo CAI utilizado no experimento, de 14,4%. Este foi um pouco superior ao valor de 14,1% encontrado por Karalazos *et al.*¹³ (1992), porém inferior ao de 20,0% citado pelo National Research Council¹⁶ (1989). O teor de lipídios nas três dietas, contudo, manteve-se ainda elevado devido ao teor de EE encontrado na silagem de sorgo, que apresentou valores acima dos normais. A quantidade máxima de lipídios presente no tratamento C ficou um pouco superior ao limite de 6%, acima do qual a gordura poderia passar a interferir na digestibilidade da fração fibrosa (Palmquist; Jenkins¹⁸, 1980).

A degradação da MS analisada nos tempos 12, 24, 48 e 72 horas de incubação; a da PB nas 12, 24 e 48h; e da FDA nas 24h, 48h e 72h podem ser visualizadas na Tab. 2.

Para a MS, não foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos nos tempos 12, 24 e 72 horas de incubação. Teixeira; Huber²⁴ (1989) encontraram valores inferiores aos do presente trabalho para degradação do CAI quebrado às 12 e 24 horas.

As médias de degradação de MS do CAI no tempo 48 horas

Tabela 1

Composição bromatológica dos alimentos e dietas experimentais, em porcentagens na matéria seca. Pirassununga - SP, 1992.

Alimento	MS	PB	FDA	FDN	EE	MM	CNE(1)
Silagem de sorgo	25,80	7,10	34,90	59,70	5,00	4,50	24,20
Farelo de algodão	94,60	32,60	38,10	56,30	1,20	5,20	4,70
Caroço de algodão	93,70	25,30	40,60	53,90	14,40	9,00	4,50
Milho grãos	94,00	11,60	2,90	12,60	5,90	1,50	68,80
Tratamento A	46,37	12,13	31,63	53,42	4,41	4,26	26,04
Tratamento B	46,32	12,19	32,53	54,18	5,18	4,58	24,68
Tratamento C	46,26	12,08	33,58	55,03	6,17	4,99	23,13

(1) Carboidrato não estrutural, calculado como CNE = 100 - (PB + EE + MM + FDN) (Association of Official Analytical Chemists⁴, 1984).

Tabela 2

Degradação da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da fibra em detergente ácido (FDA) do CAI em diferentes tempos de incubação, em porcentagens. Pirassununga - SP, 1992.

Horário (h)	Tratamentos			CV (%)
	A	B	C	
12,MS	28,46	29,00	36,05	28,72 ^{ns}
24,MS	39,96	43,18	41,38	15,94 ^{ns}
48,MS	54,37	54,19	58,69	7,09 (r.linear)*
72,MS	64,22	63,24	64,12	7,08 ^{ns}
12,PB	40,88	47,71	53,31	17,12 (r.linear)*
24,PB	62,79	62,06	61,89	6,60
48,PB	75,49	72,11	76,87	7,66
24,FDA	28,70	31,08	28,18	35,78 ^{ns}
48,FDA	40,27	41,16	45,57	10,66 (r.linear)*
72,FDA	52,04	50,29	49,08	12,42 ^{ns}

* p < 0,05

ns = não significativo

mostraram resposta linear significativa (p < 0,05) com aumento de porcentagem degradada, conforme o maior nível de CAI na dieta. Supõe-se que isto poderia ser uma indicação de que as porções fibrosas mais resistentes tiveram uma condição ruminal mais adequada para a digestão do alimento, quando empregadas maiores proporções de CAI na ração. O nível 15% (tratamento C) não apresentou interferência negativa do teor de EE superior a 6%, contradizendo a observação de Palmquist; Jenkins¹⁸ (1980).

Os valores obtidos para a degradação da MS do CAI com 72 horas de incubação foram muito próximos aos 63,5% encontrados às 12 horas de incubação por Tagari *et al.*²³ (1986) e não muito inferiores aos valores de 48 horas (67,5%) verificados por Arieli *et al.*³ (1989). No entanto, ambos esses AA trabalharam com o CAI moído, o que aumentou a velocidade de desaparecimento do material. Quanto à proteína do CAI, às 12 horas (p < 0,05) a taxa de degradação aumentou

Tabela 3

Degradação efetiva da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente ácido (FDA) do CAI e respectivos coeficientes de variação (CV), em porcentagens. Pirassununga - SP, 1992.

Constituintes	Tratamentos			CV (%)
	A(%)	B(%)	C(%)	
MS	32,02	32,74	34,10	11,36
PB	48,14	46,96	49,31	17,33
FDA	19,90	21,06	20,60	29,36

linearmente com o acréscimo de CAI na dieta. O CAI apresenta uma porção de proteína solúvel elevada (38,3%), segundo Arieli *et al.*³ (1989), bem como uma quantidade de proteína degradável no rúmen superior à do farelo de algodão (Stutts *et al.*²², 1988; Arieli *et al.*³, 1989). Para os tempos se 24 e 48 horas não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Os CV observados nesse período de incubação foram considerados aceitáveis. Os valores médios de degradação da PB observados até 48 horas foram inferiores aos da literatura, com taxa média de 47,3% encontrada às 12 horas de incubação, contrastando com valores próximos a 84% dos trabalhos de Pena *et al.*¹⁹ (1986); Stutts *et al.*²² (1988) e Arieli *et al.*³ (1989) e de 92,7% segundo Tagari *et al.*²³ (1986), para o mesmo horário. Essas diferenças estariam provavelmente ligadas ao fato de o material ter sido moído, nos experimentos mencionados. O desaparecimento percentual da PB do CAI quebrado observado no presente trabalho foi superior àquele de 21,5% verificado por Teixeira; Huber²⁴ (1989) às 24 horas.

No que tange a fibra, no tempo de 48 horas houve resposta linear (p < 0,05) (semelhante à degradação da MS), com aumento da degradação da FDA nos níveis mais elevados de CAI. Os resultados encontrados neste parâmetro parecem reforçar a possibilidade de a dieta promover ação maior dos microorganismos celulolíticos nas porções fibrosas do CAI.

Na Tab. 3 são mostradas as degradações efetivas da PB, da MS e da FDA, assumindo taxa de passagem de 2% por hora.

Não ocorreram diferenças significativas entre tratamentos.

As taxas de degradação efetiva de PB mostraram valores médios bem superiores, correspondendo a aproximadamente o triplo da MS e mais do dobro da PB do CAI quebrado encontrados por Teixeira; Huber²⁴ (1989) (9,2 e 18,1%, respectivamente), assumindo a mesma taxa de passagem utilizada neste experimento (0,02). Entretanto a degradação efetiva da MS encontrada neste caso foi bem inferior ao valor de 70,5% observado por Arieli² (1994), empregando 25% de CAI na MS da dieta de ovinos e assumindo uma taxa de passagem de 0,05/h.

Os resultados referentes à cinética de rúmen podem ser observados na Tab. 4, onde as variáveis ruminais não foram afetadas significativamente pelo nível de CAI na ração.

Os valores de pH do fluido ruminal obtidos para os tratamentos estudados não apresentaram diferenças significativas, concordando com os trabalhos de Horner *et al.*¹¹ (1988) e Mohamed *et al.*¹⁵ (1988), que empregaram CAI em dietas com bovinos.

Tabela 4

Parâmetros da cinética de rúmen de animais ingerindo níveis crescentes de CAI na dieta e respectivos coeficientes de variação (CV). Pirassununga - SP, 1992.

Parâmetros	Tratamentos			CV (%)
	A	B	C	
Volume ruminal (l)	72,15	70,11	70,05	17,79
Taxa de renovação (x/dia)	1,64	1,63	1,74	29,95
Taxa de passagem de líquidos (%/h)	6,84	6,82	7,25	27,70
pH 0 horas	6,81	6,86	6,85	2,84
pH 2 horas	6,43	6,45	6,43	2,10
pH 4 horas	6,43	6,35	6,37	2,76
pH 6 horas	6,26	6,26	6,21	2,51
pH 8 horas	6,25	6,28	6,16	2,93
pH 10 horas	6,36	6,26	6,30	3,85
pH 12 horas	6,44	6,30	6,40	3,37

CONCLUSÕES

Nas condições do presente experimento, as seguintes conclusões podem ser colocadas:

1. Com o emprego de maiores proporções do caroço de algodão integral nas rações, as taxas de degradabilidade ruminal da MS, no tempo de 48 horas de incubação, da PB, no tempo de 12 horas de incubação, e da fibra bruta, no tempo de 48 horas de incubação, aumentaram de forma linear ($p < 0,05$).

2. O uso de caroço de algodão integral, nos níveis de até

15% da matéria seca das rações, implica taxas de degradabilidade ruminal mais elevadas para o próprio caroço de algodão.

3. Os tratamentos não exerceram influência sobre os volumes líquidos do conteúdo ruminal, sobre as taxas de passagem da fase líquida, sobre as taxas de renovação diária da fase líquida ou sobre os tempos de renovação do conteúdo líquido em horas, nem exerceram influência nos valores de pH dos conteúdos ruminais.

SUMMARY

Evaluation of "in situ" degradability of DM, CP and ADF of whole linted cottonseed (WLC) when used up to 15% of the diet (dry matter basis), replacing cottonseed meal, was the main purpose of this experiment. Sorghum silage (SS) was the only roughage. Ruminal pH and rumen kinetics were also evaluated. Nine ruminal cannulated steers were used in a 3 x 3 change-over design to evaluate the following treatments: A = 0% WLC; B = 6.6% WLC; and C = 15.0% WLC. Sorghum silage contributed with 70% in all three treatments. DM degradability at 48h incubation time was statistically different ($p < 0.05$) (A = 54.4%; B = 54.2% and C = 58.7%), as well as PB degradability at 12h (A = 40.3%; B = 47.7% and C = 53.1%) and ADF degradability at 48h (A = 40.3%; B = 41.2% and C = 45.6%). Ruminal volume, turn over time and ruminal pH weren't affected by the experimental diets. Substitution of WLC for cottonseed meal up to 15% diet increased degradability of DM, CP and ADF of WLC.

UNITERMS: Fistula; Bovidae; Cottonseed; Digestibility; Ruminants.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-ANDERSON, M.J.; ADAMS, D.C.; LAMB, R.C.; WALTERS, J.L. Feeding whole cottonseed to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.62, n.7, p.1098-103, 1979.
- 2-ARIELI, A. Effect of whole cottonseed on energy partitioning and nitrogen balance in sheep. **Animal Production**, v.58, n.1, p.103-8, 1994.
- 3-ARIELI, A.; BEN-MOSHE, A.; ZAMWEL, S.; TAGARI, H. In situ evaluation of the ruminal and intestinal digestibility of heat-treated cottonseeds. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.5, p.1228-33, 1989.
- 4-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14.ed. Washington, AOAC, 1984. 1141p.
- 5-COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.I. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.18, n.2, p.89-129, 1987.
- 6-COPPOCK, C.E.; MOYA, J.R.; WEST, J.W.; NAVE, D.H.; LABORE, J.M.; GATES, C.E. Effect of lint on whole cottonseed passage and digestibility and diet choice on intake of whole cottonseed by holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.5, p.1198-206, 1985.

- 7-COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield and composition. **Journal of Animal Science**, v.69, n.9, p.3826-37, 1991.
- 8-GILL, J.L. Design and analysis of experiments - in the animal and medical sciences. Iowa, The Iowa State University Press, 1986. v.2, 304p.
- 9-GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses: apparatus, reagents, procedures and some applications.** Washington, USDA/Agricultural Research Service, 1970. 19p.
- 10-GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** 11.ed. Piracicaba, Nobel/ESALQ, 1985. 430p.
- 11-HORNER, J.L.; COPPOCK, C.E.; MOYA, J.R.; LABORE, J.M.; LANHAN, J.K. Effects of niacin and whole cottonseed on ruminal fermentation, protein degradability and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.5, p.1239-47, 1988.
- 12-HYDEN, S. A turbidometric method for the determination of higher polyethylene glycols in biological materials. **Kungliga Lantbrukshogskolans Annaler**, v.22, n.1, p.139-45, 1956.
- 13-KARALAZOS, A.; DOTAS, D.; BIKOS, J. A note on the apparent digestibility and nutritive value of whole cottonseed given to sheep. **Animal Production**, v.55, n.2, p.285-7, 1992.
- 14-MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, n.3, p.645-50, 1977.
- 15-MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R.; EHLE, F.R. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.10, p.2677-88, 1988.
- 16-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 6.ed. Washington, National Academy Press, 1989. 158p.
- 17-ORSKOV, E.R.; HOVELL, F.D.B.; MOULD, F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la valiación de los alimentos. **Producción Animal Tropical**, v.5, n.3, p.213-33, 1980.
- 18-PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1-14, 1980.
- 19-PENA, F.; TAGARI, H.; SATTER, L.D. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.62, n.5, p.1423-33, 1986.
- 20-SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A.; DEVORIN, A.; TABORI, K. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p.2463-72, 1992.
- 21-SMITH, N.E.; COLLAR, L.S.; BATH, D.L.; DUNKLEY, W.L.; FRANCKE, A.A. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.64, n.10, p.2209-15, 1981.
- 22-STUTTS, J.A.; NIPPER, W.A.; ADKINSON, R.W.; CHANDLER, J.E.; ACHACOSO, A.S. Protein solubility, in vitro ammonia concentration, and in situ disappearance of extruded whole cottonseed and other protein sources. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.12, p.3323-33, 1988.
- 23-TAGARI, H.; PENNA, F.; SATTER, L.D. Protein degradation by rumen microbes of heat-treated whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, v.62, n.6, p.1732-6, 1986.
- 24-TEIXEIRA, J.C.; HUBER, J.T. Determinação da digestibilidade pós-ruminal da proteína de semente de algodão pela técnica do saco de náilon em vacas leiteiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.18, n.4, p.295-305, 1989.