

Efeito dos tratamentos com autoclave e/ou ácido tânico na degradabilidade *in situ* e na digestibilidade *in vitro* de grãos de canola

Geraldo Tadeu dos Santos^{1*}, Júlio César Damasceno¹, Clóves Cabreira Jobim¹, Geane Dias Gonçalves², Marcos Chiquitelli Neto³, Petrônio Pinheiro Porto² e Cleber Rogério Ribeiro⁴

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

³Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

⁴CNPq. *Autor para correspondência. e-mail: gtsantos@uem.br

RESUMO. Este trabalho teve como objetivo a realização de um experimento utilizando grãos de canola com o intuito de avaliar a degradabilidade *in situ* e a digestibilidade *in vitro*. Os tratamentos foram: 1) grãos de canola tratados com água (controle - CTH); 2) em autoclave a 127°C por 30 min (CTA), 3) com ácido tânico (CTT) e 4) com ácido tânico seguido de autoclave (CTTA). O efeito desses tratamentos sobre a degradabilidade efetiva da matéria seca (DEMS) e da proteína bruta (DEPB) foi avaliado pela técnica de sacos de náilon, usando duas vacas da raça Holandesa canuladas no rúmen. O efeito da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e da PB (DIVPB), foi avaliado com o uso do sistema DAISY da ANKOM® Technology Corporation. Os tratamentos calor e ácido tânico aplicados de forma isolados aos grãos de canola aumentaram significativamente ($P<0,05$) a solubilidade da fração “a” da MS. A DEMS do tratamento CTA foi superior a todos os demais. A DIVMS, por sua vez, foi idêntica para todos os tratamentos. A fração solúvel “a” da PB foi significativamente ($P<0,05$) reduzida sob o efeito do calor e, principalmente, quando este último foi associado ao ácido tânico (CTTA), devido à interação ocorrida entre ambos ($P<0,01$). O tratamento CTTA foi o único efetivo em reduzir a DEPB (76,7%) em relação a CTH, CTA e CTT, respectivamente, 84,7%; 84,3% e 84,2%. Todos os tratamentos promoveram aumento na DIVPB em relação ao controle ($P<0,01$). Conclui-se, portanto, que o CTTA foi o tratamento mais indicado com vistas à obtenção de grãos de canola com menor degradabilidade ruminal sem alterar as DIVMS e aumentando a DIVPB.

Palavras-chave: tratamento térmico, tratamento químico, fonte de proteína, métodos de avaliação nutricional.

ABSTRACT. Effect of autoclave and/or tannic acid treatments in *in situ* degradability and *in vitro* digestibility of canola grains. An experiment was accomplished using canola grains to evaluate *in situ* degradability and *in vitro* digestibility. The treatments was: 1) canola grains treated with water (control - CTH); 2) in autoclave at 127°C for 30min (CTA), 3) with tannic acid (CTT) and, 4) with tannic acid followed by autoclave (CTTA). The effect of these treatments in effective dry matter (EDDM) and crude protein (ECPD) degradability was evaluated by the nylon bag technique, using two Holstein cows with rumen cannula. The effect in *in vitro* dry matter (IVDDM) and crude protein (IVCPD) digestibility was evaluated by DAISY system of ANKOM® Technology Corporation. The treatments heat and tannic acid applied to the canola grains increased significantly ($P<0.05$) the solubility of DM “a” fraction. EDDM of treatments CTA and CTTA were higher than CTH and CTT. IVDDM was identical in all treatments. The soluble “a” fraction of CP was significantly ($P<0.05$) reduced due to CTA treatment, and mostly to due to happened interaction of the heat and of the tannic acid tannic. The CTTA treatment was the only one that reduced ECPD (76.7%) in relation to CTH, CTA and CTT, that showed 84.7; 84.3 and 84.2%, respectively. All the treatments provided an increase in IVCPD when compared to the control ($P<0.01$). It is concluded that CTTA was the most suitable treatment to obtain lower ruminal degradability of canola grains, without changes in IVDDM and with a rise in IVCPD.

Key words: thermal treatment, chemical treatment, protein source, nutritional evaluation methods.

Introdução

A palavra canola deriva da sigla *Canada Oil Low Acid* (Bell, 1993). Em muitos países da Europa, a

canola é conhecida como *double zero rapessed* referindo-se ao fato de que ela tem baixos níveis de glicosinolatos e baixos níveis de ácido erúico (Hickling, 2003). A semente ou o grão de canola tem um pequeno diâmetro (1-2 mm), contendo aproximadamente 42% a 43% de óleo (Lardy, 2002).

No Brasil, o cultivo da canola foi uma iniciativa pioneira da Cooperativa dos Cafeicultores e Agropecuaristas Ltda (Cocamar, 2004) em 1992. Nessa mesma década, os pesquisadores da Universidade Estadual de Maringá iniciaram também as pesquisas sobre o uso do farelo ou da semente de canola na alimentação animal, englobando diferentes espécies, entre as quais, destacam-se: bovinos, suínos, aves, coelhos (Moreira *et al.*, 1995; Murakami *et al.*, 1995; Scapinello *et al.*, 1996; D'Oliveira *et al.*, 1997; Leggui *et al.*, 1998).

Outros estudos vêm sendo desenvolvidos sobre a incorporação de grãos de oleaginosas, tais como soja e canola, na alimentação de ruminantes como fonte de energia e proteína para produção animal. Porém, já é conhecido que uma grande proporção da proteína desses alimentos é degradada pelas bactérias do rúmen para sua multiplicação (De Boer *et al.*, 1987).

Várias alternativas estão sendo avaliadas com o propósito de diminuir a degradabilidade da proteína no rúmen e, com isso, permitir melhor disponibilidade de aminoácidos para a digestão intestinal (Hagemester *et al.*, 1976; Loyola *et al.*, 1999; Pace *et al.*, 1993; Santos *et al.*, 1997). Dentre os métodos propostos podemos citar os tratamentos com calor, com formaldeído e com tanino (Varvikko *et al.*, 1983; Moshtaghinia e Ingalls, 1992; Pace *et al.*, 1993; Santos *et al.*, 1997; Loyola *et al.*, 1999).

O tratamento térmico adequado para as diversas proteínas de oleaginosas (soja, canola e amendoim) reduz a formação de NH₃ no rúmen sem prejudicar a digestibilidade intestinal, sendo benéfico na diminuição da degradabilidade ruminal das proteínas (Mir *et al.*, 1984; Fadel, 1990; Santos *et al.*, 1994). Kaufmann, 1982, citado por Santos *et al.* (1994), sugere que o tratamento em autoclave seja mais eficiente que o calor seco (forno convencional), para proteger as fontes protéicas. A redução da degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB), devido ao aquecimento, tem sido observada em trabalhos utilizando farelo de canola (Mir *et al.*, 1984; Ahmadi *et al.*, 1989; Moshtaghinia e Ingalls, 1992; Loyola *et al.*, 1999). No entanto, segundo Loyola *et al.* (1999), a forma física da proteína parece influenciar a reatividade. Maiores temperaturas seriam necessárias para grãos integrais atingirem o mesmo grau de proteção do que os farelos correspondentes.

Segundo Albrecht e Muck (1991), os taninos podem exercer importante papel de proteção para as proteínas de leguminosas. Pode-se, portanto, proteger farelos da degradação ruminal por meio da utilização

de taninos (Driedger e Hatfield, 1972; Waghorn, 1985) e, assim, também proteger seus grãos. Deve-se considerar, entretanto, a quantidade de tanino em relação à de proteínas ingeridas, pois McBrayer *et al.* (1983) registraram decréscimos na produção de ácidos graxos voláteis durante a fermentação *in vitro*, utilizando altas concentrações de tanino (6% ou mais de ácido tânico).

A ligação tanino-proteína se dá por interações hidrofóbicas e por pontes de hidrogênio, dependendo do pH do meio. Podem ser dissociadas nas condições de pH existentes no abomaso, liberando a proteína para a digestão intestinal (Mühlbach *et al.*, 1982). Mitaru *et al.* (1984) concluíram que os taninos possuem maior afinidade por proteínas com maior hidrofobicidade, o que implica que as ligações hidrofóbicas participam da formação dos complexos entre proteína e tanino. Os grupos hidrofóbicos, que são normalmente orientados para o interior da proteína, são reordenados para o exterior após o tratamento térmico, aumentando, assim, sua superfície hidrofóbica (Artz *et al.*, 1987) e, por consequência, sua afinidade pelo tanino (Mitaru *et al.*, 1984).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar a eficácia dos tratamentos dos grãos de canola (calor úmido, ácido tânico e a associação de ambos) nos parâmetros de degradabilidade *in situ* e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca e proteína bruta.

Material e métodos

Duas vacas multiparas e lactantes da raça Holandesa, canuladas no rúmen, foram utilizadas em um experimento para estudo da degradabilidade *in situ* e da digestibilidade *in vitro* da MS e da PB. A alimentação das vacas foi à base de ração total misturada, contendo 24 kg de silagem de milho, 6 kg de ração concentrada e minerais, proporcionando uma dieta composta de 55% volumoso e 45% de concentrado, com 15,1% de PB na MS, de acordo com o NRC (1989) e conforme a composição química apresentada na Tabela 1. O período de adaptação à alimentação experimental foi de 21 dias, sendo os animais alimentados três vezes ao dia (8h, 13h e 16h) e soltos em piquete para repouso nos intervalos.

Os tratamentos avaliados foram:

CTH - grãos de canola tratados com água (controle);
CTA - grãos de canola tratados com autoclave;
CTT - grãos de canola tratados com 15% de ácido tânico em relação ao teor de PB;
CTTA - grãos de canola com 15% de ácido tânico e submetido ao tratamento em autoclave.

Tabela 1. Composição química da alimentação das vacas fistuladas (% da MS).

Nutrientes	Ração concentrada ¹	Silagem de milho
Matéria seca (%)	89,0	27,6
Matéria orgânica (%)	93,6	94,5

Proteína bruta (%)	26,1	06,1
Fibra em detergente ácido (%)	06,6	40,4
Fibra em detergente neutro (%)	05,7	65,5

¹A ração concentrada contém: farelo de soja, farelo de canola, farelo de trigo, milho moído e sal mineral.

Para cada 100g de grãos de canola no controle (CTH), foram adicionado 100mL de água destilada, sendo a mistura seca em estufa a 55°C durante 48 horas. Aos tratamentos com calor (CTA), foi adicionada água destilada e, em seguida, a mistura foi colocada em bandejas de alumínio, dispostas em camadas de 2cm, e aquecida em autoclave a 127°C por 30min (pressão de 1,5kgf/cm²), depois seca a 55°C em estufa durante 48 horas. O tratamento com o ácido tânico (CTT) ocorreu da seguinte forma: 15g de ácido tânico foram diluídos em 100mL de água destilada e adicionados a 100g do substrato. Após aplicação, a mistura foi seca em estufa a 55°C durante 48 horas. No tratamento com ácido tânico e calor (CTTA), o teor e a forma de aplicação do ácido tânico foram os mesmos que CTT e, em seguida, a mistura foi aquecida da mesma forma que CTA. Todos os tratamentos foram estocados em sacos plásticos.

A degradabilidade da MS e da PB dos grãos de canola foi estimada pela técnica *in situ* de sacos de náilon. Sacos lacrados a quente, feitos de náilon (ANKOM-Technology Co., Fairport, NY14450-USA), de dimensão 5 x 7cm, com poros de aproximadamente 53µm, foram utilizados para incubação ruminal. As amostras foram quebradas em moinho desprovido de peneira, e aproximadamente 5,5g de amostra (base matéria natural - MN) foram colocadas em cada um dos sacos, os quais foram fechados e atados com fios de náilon de 15cm de comprimento. Os sacos dos tratamentos em duplicata para cada animal, em ambos os experimentos, foram presos a uma barra cilíndrica de ferro inox de 540g. Durante a incubação, a barra foi presa à cânula por um fio de náilon de 60cm. Os tempos de incubação foram de 2, 4, 8, 12, 24 e 48 horas, com todos os sacos retirados do rúmen ao mesmo tempo. Após a remoção, os sacos foram lavados à máquina em 4 ciclos de 10 min com troca de água, juntamente com os sacos representando o tempo 0h. Em seguida, todos os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. A porcentagem de degradação da MS e da PB, em cada tempo, foi calculada pela proporção de alimento que permaneceu nos sacos, não sendo corrigida para contaminação bacteriana. A degradação da MS e da PB foi calculada utilizando-se a equação descrita por Orskov e McDonald (1979):

$p = a + b(1 - e^{-c})$, em que “p” é a taxa de degradação no tempo “t”; “a” é a fração de MS ou de PB que é prontamente degradável no rúmen; “b” é a fração da MS ou da PB que é potencialmente degradável; “c” é a taxa constante de degradação da fração “b” e “t” é o

tempo de incubação.

Os parâmetros não-lineares “a”, “b” e “c” foram estimados por meio de procedimento iterativo de quadrados mínimos (SAS, 1985). As degradabilidades efetivas da MS (DEMS) e da PB (DEPB) no rúmen foram calculadas usando a seguinte equação: $DEMS \text{ ou } DEPB = a + (b \times c/c + k)$ (Orskov e McDonald, 1979), em que “k” é a taxa estimada de passagem dos sólidos no rúmen. Os demais parâmetros já foram descritos anteriormente.

A degradação efetiva da MS e da PB foi estimada para cada tratamento, assumindo-se a taxa de passagem no rúmen de 5%/h, atribuída ao nível médio de ingestão (ARC, 1984).

A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e da PB (DIVPB) foi obtida segundo a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963), seguindo as modificações descritas por Holden (1999), com o uso de rúmen artificial, desenvolvida pela ANKOM®. Para a colheita do líquido ruminal, foi utilizada uma vaca Holandesa múltipara em lactação, munida de cânula ruminal.

As amostras dos tratamentos e dos respectivos resíduos dos sacos foram analisadas para MS e PB (N x 6,25) pelo método Kjeldahl, conforme Silva (1990).

Os valores observados de degradação e de digestibilidade da MS e da PB foram submetidos a Anova, de acordo com delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 2 x 2, sendo dois níveis de calor (ausência e presença) e dois níveis de ácido tânico (ausência e presença), conforme modelo abaixo, e utilizando-se o programa SAS (1985). As vacas foram consideradas como repetições.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + C_j + I_{ij} + E_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} = valor observado das variáveis em estudo, relativo ao grão submetido ao tratamento i, o qual recebeu o calor j e a repetição k;

μ = constante geral;

T_i = efeito do tanino (presença ou ausência), sendo i = 1 e 2;

C_j = efeito do calor (presença ou ausência), sendo j = 1 e 2;

I_{ij} = efeito da interação tanino * calor;

E_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Resultados e discussão

As estimativas dos parâmetros a (%), b (%), c (%/hora) e da degradabilidade efetiva (DE) e da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da proteína bruta (DIVPB) dos grãos de canola tratados com calor e/ou ácido tânico são apresentadas na Tabela 2. O conteúdo de proteína prontamente solúvel dos grãos de canola tratados com ácido tânico e/ou calor úmido (autoclave) variou de 31 a 63% do total da fração protéica, valor este bem acima dos relatados por Santos *et al.* (1997) e por Christensen e

McKinnon (2004). O calor reduziu a solubilidade da fração “a” da PB. Todavia, a interação ocorrida entre o calor e o ácido tânico promoveu ainda uma maior redução desta fração. A proporção de proteína potencialmente degradável no rúmen “b” variou de 32% a 63,6%, quando comparada aos 60 a 77% observados por Christensen e McKinnon (2004). Nem o calor e nem o tanino isolado foi capaz de afetar a fração “b” da PB, no entanto, quando ambos estavam presentes proporcionaram um aumento significativo da degradação. A taxa através da qual a proteína “a” da PB do grão de canola se degrada no rúmen foi calculada em 7,6 a 12,6%/hora, correspondendo aos mesmos dados obtidos por Ha e Kennelly (1984) e por Christensen e McKinnon (2004). A associação do calor e do tanino aumentou a taxa constante de desaparecimento da fração “b”.

Observa-se que o tratamento com calor (CTA) conduziu a um aumento da DEMS, que se deve possivelmente à destruição de fatores antinutricionais presentes nos grãos de canola pelo processo de aquecimento (Mir *et al.*, 1984). A associação calor e ácido tânico promoveu uma redução significativa da DEPB alcançando valor de 76,7%, enquanto que o efeito isolado do calor ou do ácido tânico não afetou este parâmetro. Os valores obtidos neste experimento foram superiores aos relatados por outros autores para o farelo de canola (Kirkpatrick e Kennelly, 1987; Boila e Ingalls, 1992; Piepenbrink e Schingoethe, 1998). A redução da degradabilidade *in situ* da PB devido ao aquecimento tem sido observada em trabalhos utilizando farelo de canola (Mir *et al.*, 1984; Ahmadi *et al.*, 1989; Moshtaghinia e Ingalls, 1992; Loyola *et al.*, 1999). A associação dos tratamentos calor e ácido tânico conduziu, provavelmente, a reação de Maillard, a qual se apresenta como um dos principais mecanismos de proteção através do tratamento térmico (Hurrell e Finot, 1985), cujos primeiros estágios (aldosilaminas e bases de Schiff) são caracterizadas por ligações resistentes à ação enzimáticas (Mosimanyana e Mowat, 1992). Dessa forma, o tratamento com ácido tânico seguido de autoclave reduz a degradação ruminal parcialmente, por bloquear sítios reativos para enzimas proteolíticas microbianas, e também por reduzir a solubilidade de proteína (Broderick e Craig, 1980; Waltz e Loerch, 1986; Loyola *et al.*, 1999).

Tabela 2. Médias para as estimativas dos parâmetros não-lineares, degradabilidade efetiva e da digestibilidade *in vitro* dos grãos de canola tratados com água (CTH); com autoclave (CTA); com 15% de ácido tânico (CTT) e com 15% de ácido tânico e submetido ao tratamento em autoclave (CTTA).

Ítems	CTH	CTA	CTT	CTTA	P			
					Calor	Tanino	CT ⁴	CV (%)
MS (%) ¹								
a	28,3	59,2	32,3	36,6	**	*	NS	21,40
b	65,4	30,6	63,4	54,6	*	NS	NS	1,98
c	8,5	10,3	7,7	10,1	*	NS	NS	17,34
DEMS (%) ²	70,5	79,8	70,8	73,1	*	NS	NS	1,11

DIVMS (%)	93,0	96,6	96,2	93,9	NS	NS	NS	6,12
PB (%) ¹								
a	61,1	53,5	63,2	31,1	*	NS	**	23,23
b	36,8	32,3	34,8	63,6	NS	NS	**	4,32
c	8,9	9,5	7,6	12,6	NS	NS	**	19,44
DEPB (%) ²	84,7	84,3	84,2	76,7	NS	NS	*	1,27
DIVPB (%) ³	73,2	85,5	85,9	80,8	**	**	NS	7,22

* P<0,05, ** P<0,01, N = não significativo, CV = coeficiente de variação; ¹a= porção prontamente solúvel (%); b = fração potencialmente degradável no rúmen; c = taxa constante de desaparecimento da fração b; ² Degradabilidade efetiva da MS e da PB à taxa de passagem de 5%/h; ³ Digestibilidade *in vitro* da MS e da PB; ⁴ Interação calor e tanino.

A redução da degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB), em consequência do aquecimento, também foi observada em trabalhos que utilizam farelo de canola (Mir *et al.*, 1984; Ahmadi *et al.*, 1989; Moshtaghinia e Ingalls, 1992; Loyola *et al.*, 1999). Esses autores observaram proteção efetiva quando da utilização do calor seco para a PB. As ligações tanino-proteína dependem de vários fatores, como a configuração espacial das moléculas de proteína e a disponibilidade de grupos fenólicos reativos (Loyola *et al.*, 1999). Em experimento anterior com grãos de canola tratado ou não com tanino condensado, Santos *et al.* (1997) encontraram resultados semelhantes para as DEMS e DEPB dos grãos de canola sem tratamento, porém, os tratamentos com tanino condensado apresentaram DEMS e DEPB mais baixas em comparação ao uso do ácido tânico. Todavia, a DIVPB foi negativamente afetada pelo tanino condensado, contrariamente ao observado neste experimento, em que o ácido tânico e o calor úmido, aplicado de forma isolado ou em associação foram benéficos para a melhoria da DIVPB. A utilização do calor úmido, do ácido tânico e a associação desses tratamentos provocaram aumento médio de 3,4% na DIVMS e de aproximadamente 17,7% na DIVPB dos grãos de canola tratados quando comparados ao CTH. O tratamento CTTA apresentou DIVPB intermediária aos demais tratamentos (80,8%), enquanto os tratamentos CTA e CTT foram similares e apresentaram os maiores valores (85,5% e 85,9%, respectivamente). De fato, Kendall *et al.* (1991) observaram digestibilidade dos aminoácidos do farelo de canola no trato total de bovinos da ordem de 85% ou superior. Segundo Mir *et al.* (1984), Fadel (1990) e Santos *et al.* (1994), o tratamento térmico adequado para as diversas proteínas de oleaginosas, como a canola, reduz a formação de NH₃ no rúmen sem prejudicar a digestibilidade intestinal, sendo benéfico na diminuição da degradabilidade ruminal das proteínas. Ainda segundo Mülhbach *et al.* (1982), a ligação tanino-proteína se dá por interações hidrofóbicas e por pontes de hidrogênio, que são pH-dependentes, podendo ser, assim dissociadas no abomaso, liberando a proteína para a digestão intestinal. Considerando que o perfil de aminoácidos das proteínas que alcançam o intestino delgado seja o mesmo, observa-se que, nos tratamentos CTA e CTT haverá 15,7% e 15,8% de proteína chegando ao

intestino contra 23,3% do tratamento CTTA. Considerando que todos os tratamentos promoveram aumento da DIVPB em relação ao CTH, pode-se esperar que sejam, provavelmente, melhor aproveitados pelos animais.

Conclusão

A DEMS foi influenciada unicamente pelo tratamento com calor. Nenhum dos tratamentos isolados (calor ou ácido tânico) nos grãos de canola afetou a DIVMS e a DEPB, no entanto, neste último parâmetro avaliado ocorreu uma interação dos efeitos calor e ácido tânico que promoveu uma redução expressiva da DEPB. Quanto a DIVPB, observou-se aumento da mesma, proporcionado tanto pelo calor como pelo ácido tânico. Na análise associada dos dados, o CTTA seria o mais indicado por apresentar melhores resultados.

Referências

- ARC-AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farham Royal, U. K. 1984.
- AHMADI, A.R. *et al.* Effect of heat treatment of canola on *in situ* ruminal degradability and postruminal nitrogen disappearance. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 67 (Suppl. 1), p. 497, 1989.
- ALBRECHT, K.A.; MUCK, R.E. Proteolysis in ensiled forage legumes that vary in tannin concentration. *Crop. Sci.*, Madison, v. 32, p. 464-469, 1991.
- ARTZ, W.E. *et al.* Interactions of synthetic proanthocyanidin dimer and trimer with bovine serum albumin and purified bean globulin fraction G-1. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, D.C., v.35, p. 417-421, 1987.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v.73, p.679-697, 1993.
- BOILA, R.J.; INGALLS, J.R. *in situ* rumen digestion and escape of dry matter nitrogen and amino acids in canola meal. *Can. J. Anim.*, Ottawa, v.72, p.891-901, 1992.
- BRODERICK, G.A.; CRAIG, W.M. Effect of heat treatment on ruminal degradation and escape, and intestinal digestibility of cottonseed meal protein. *J. Nutr.*, Cambridge, v. 110, p. 2381-2389, 1980.
- CHRISTENSEN, D.A.; MCKINNON, J.J. Canola meal feed industry guide. Canola Council Publications. Acessado em 02/09/2004. <http://www.canola-council.org/pubs/cattle.html> p.1-5, 2004.
- COCAMAR. Terceira Década - 1983-1993. Acessado em 03/09/2004 no site <http://www.cocamar.com.br/empresa/03/10.htm>.
- DE BOER, G. *et al.* Mobile nylon bag for estimating intestinal availability of rumen undegraded protein. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 70, n. 5, p. 977-982, 1987.
- D'OLIVEIRA, P.S. *et al.* Efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de canola sobre o desempenho de novilhas Nelore confinadas. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. n.3, p. 568-574, 1997.
- DRIEDGER, A.; HATFIELD, E.E. Influence of tannin on the nutritive value of soybean meal for ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 34, p. 465-468, 1972.
- FADEL, J.G. Changes among heating in chemical composition and *in vitro* digestion of four commodities. *J. Sci. Food Agric.*, Oxford, v.53, p. 395-404, 1990.
- HA, J.K.; KENNELLY, J.J. *In situ* dry matter and protein degradation of various protein sources in dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.*, Savoy, v.64, p.443-452, 1984.
- HAGEMEISTER, H. *et al.* Factors influencing the supply of nitrogen and amino acids to the intestine of dry cows. In: LEWIS, D. *et al.* *Protein metabolism and nutrition*. Butherworth, p. 425-439, 1976.
- HICKLING, D. *Canadian feed peas industry guide*. Third edition. Winnipeg: Pulse Canada, 2003.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791-1794, 1999.
- HURREL, R.F.; FINOT, R.A. Effect of food processing on protein digestibility and amino acid availability. In: FINLEY, J.W.; HOPKINS, D.T. (Ed.). *Digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds*. St. Paul, Minn: *American Association of Cereal Chemists*, 1985, p. 233-258.
- KENDALL, E.M. *et al.* Variability in the rumen degradability and post ruminal digestion of the dry matter, nitrogen and amino acids of canola meal. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 71, p.739-754, 1991.
- KIRKPATRICK, B.K.; KENNELLY, J.J. *In situ* degradability of protein and dry matter from single protein sources and from a total diet. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 65, p.567-576, 1987.
- LARDY, G.P. Canola meal in beef cattle diets. Acessado em 02/09/2004 <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/carringt/livestock/Beef%20Report%2002/canola%20meal...> p.1-6, 2002.
- LEGGI, T.C.S.S. *et al.* Utilização do farelo de canola na alimentação de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.27, n.4, p.770-776, 1998.
- LOYOLA, V.R. *et al.* Degradabilidade *in situ* do farelo de canola tratado com calor e/ou tanino. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.28, n. 3, p. 598-604, 1999.
- MCBRAYER, A.C. *et al.* Evaluation of planult skins (testa) as a feeds ingredient for growing-finishing cattle. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 56, p. 173-183, 1983.
- MIR, Z. *et al.* Methods for protecting soybean and canola proteins from degradation in the rumen. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 64, n. 4, p. 853-865, 1984.
- MITARU, B.N. *et al.* The binding of dietary protein by sorghum tannins in the digestive tract of pigs. *J. Nutr.*, Bethesda, v. 114, p. 1787-1796, 1984.
- MOREIRA, I. *et al.* Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos na fase inicial (42 a 63 dias). *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, Viçosa, v.24, p.417-427, 1995.
- MOSHTAGHINIA, S.A.; INGALLS, J.R. Effect of heating on canola meal protein for steers. *Can. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 72, p. 83-88, 1992.
- MOSIMANYANA, B.M.; MOWAT, D.N. Rumen protection of heat-treated soybean proteins. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v. 72, p. 71-81, 1992.
- MÜLHBACH, P.R.F. *et al.* Avaliação *in vitro* dos taninos

- de castanheira (*Castanea sativa* Mill.) e acácia negra (*Acacia mearnsii* de Milld) como agentes de proteção da proteína do farelo de soja. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v. 11, n. 4, p. 746-763, 1982.
- MURAKAMI, A.E. et al. Farelo de canola na alimentação de frangos de corte. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* Viçosa, v.24, n.3, p.437-444, 1995.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6. Ed. Washington, DC.: National Academy Press. 1989.
- ØRSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, London, v. 92, p. 499-503, 1979.
- PACE, V. et al. Influenza di trattamenti con tannini sulla digeribilità *in vitro* della farina di soia. *Zoot. Nutr. Anim.*, Bologna, v. 19, p. 73-79, 1993.
- PIEPENBRINK, M.S.; SCHINGOETHE, D.J. Ruminant degradation, amino acid composition and estimated intestinal digestibilities of four protein supplements. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.81, p.454-461, 1998.
- SANTOS, G.T. et al. Alguns aspectos do novo sistema de arração proteico de vaca leiteira. *Revista Unimar*, Maringá, v. 16 (Supl. 1), p. 89-110, 1994.
- SANTOS, G.T. et al. Degradabilidade *in situ* e digestibilidade *in vitro* de grãos de canola tratado com calor e/ou tanino condensado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Botucatu - SP. *Anais...* XXXIV. CD-ROM, 3p., 1997.
- SCAPINELLO, C. et al. Valor nutritivo do farelo e da semente de canola para coelhos em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Fortaleza - CE. *Anais...*, XXXIII. CD-ROM, 3p., 1996.
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos. Métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- SAS-STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. *user's guide: Statistics*. 5 ed., Cary, NC. 1985.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-state technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Classl. Soc.*, London, v. 18, p.104-111, 1963.
- VARVIKKO, T. et al. The effect of formaldehyde treatment of soya-bean meal and rapeseed meal on the amino acid profiles and acid-pepsin solubility of rumen undegraded protein. *J. Agric. Sci.*, London, v.101, p.603-612, 1983.
- WAGHORN, G.C. Recent advances in animal in australia. In: CUMMING, R. B. (Ed.). *Procesding of a Symposium at University of New England Armidale*, p. 24-27, 1985.
- WALTZ, D.M.; LOERCH, S.C. Effect of acid and alkali treatment of soybean meal on nitrogen utilization by ruminants. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v. 63, p. 879-887, 1986.

Received on July 14, 2004.

Accepted on November 23, 2004.