



## EFEITO DO USO DE TRATAMENTO TERMICO DO FARELO DE ALGODÃO PARA AUMENTO DA PROTEÍNA NÃO DEGRADADA NO RÚMEN SOBRE A DEGRADABILIDADE RUMINAL DA PROTEÍNA BRUTA

Gabriel Meurer **Wachekowski**<sup>1</sup>; David Augusto Bittencourt **Pereira**<sup>2</sup>, Marihana Ramos Guida **Motta**<sup>3</sup>, Kalista Eloisa **Loregian**<sup>4</sup>, Renata Helena **Branco**<sup>5</sup>

Nº 20702

**RESUMO** – Objetivou-se nesse trabalho avaliar o farelo de algodão (FAL) processado termicamente em microondas em diferentes tempos, para o aumento da proteína não degradada no rúmen utilizando a técnica de degradabilidade ruminal *in situ*. O farelo de algodão foi processado utilizando um forno microondas convencional por 2, 4, e 6 minutos e com ou sem adição de xilose. Como tratamento controle foram utilizados os farelo de soja convencional e farelo de soja soypass®, e FAL sem processamento. A incubação *in situ* de cada tratamento foi realizada em duplicata, simultaneamente, em três animais com cânula ruminal por 2, 4, 8, 12, 24 e 48 horas. Os saquinhos do tempo 0 foram mergulhados em água para simular a fração solúvel da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB). O FAL que passaram por processamento via microondas e adição ou não de xilose não diferiram do FAL convencional ou apresentaram menor proteína não degradada no rúmen (PNDR). A degradabilidade efetiva da MS do farelo de soja convencional foi superior aos demais tratamentos. O farelo de soja Soypass apresentou o maior valor de PNDR (63% da PB), o farelo de soja convencional apresentou valores intermediários (52.4% da PB), e os FAL tanto convencional como os processados apresentaram os menores valores de PNDR (41.8% da PB, na média). Baseado nos nossos resultados podemos concluir que a aplicação de processamento térmico via microondas com ou sem adição de xilose no FAL não foi efetivo para o aumento da PNDR.

**Palavras-chaves:** farelo de algodão, farelo de soja, soypass®, *in situ*, tratamento térmico.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduando em Zootecnia, IFRO, Colorado do Oeste - RO; gmeurer87@gmail.com.

2 Bolsista CNPq (Mestrado): Graduação em Zootecnia, UNESP, Botucatu - SP

3 Colaborador, Bolsista Treinamento Técnico 3 Fapesp: Instituto de Zootecnia, Sertãozinho-SP

4 Bolsista CNPq (PIBIC): Graduanda em Zootecnia, UDESC, Chapecó-SC.

5 Orientadora: Pesquisadora do Instituto de Zootecnia, Sertãozinho-SP; renata@iz.sp.gov.br.



**ABSTRACT** – The objective of this study was to evaluate the cottonseed meal thermally processed in microwaves at different times, to increase the undegraded protein in the rumen using a ruminal degradability technique *in situ*. The cottonseed meal was processed using a conventional microwave oven for 2, 4, and 6 minutes and with or without the addition of xylose. The *in situ* incubation of each treatment was performed in duplicate, simultaneously, in three animals with ruminal fistula for 2, 4, 8, 12, 24 and 48 hours. The bags of time 0 were immersed in water to simulate the soluble fraction of dry matter (DM) and crude protein (CP). The cottonseed meal that underwent microwave processing and the addition or not of xylose did not differ significantly from the conventional cottonseed meal or presented less undegraded rumen protein (PNDR). The effective degradability of DM of conventional soybean meal was superior to the other treatments. Soypass soybean meal had the highest rumen undegraded protein value (63% of CP), conventional soybean meal showed intermediate values (52.4% of CP), and both conventional and processed cottonseed meal had the lowest rumen undegraded protein values (41.8% of CP, on average). Based on our results, we can conclude that the application of thermal processing via microwave with or without the addition of xylose in the cottonseed meal was not effective for increasing the PNDR.

**Keywords:** cottonseed meal, soybean meal, soypass®, heat treatment, *in situ*.



## 1 INTRODUÇÃO

Atender as exigências metabólicas dos animais ruminantes quanto aos níveis de proteína nas dietas podem elevar o custo da arroba produzida, uma vez que dentro de uma dieta total o componente nutricional de maior custo é a proteína (RIBEIRO et al., 2007; SEIXAS et al., 1999). Por isso, entender o metabolismo proteico nos ruminantes é de grande importância devido à potencialização do aproveitamento desse nutriente (DETMANN; PAULINO, 2005).

A fim de tornar os sistemas de criação intensivos mais competitivos e menos onerosos, a busca por alimentos proteicos alternativos (coprodutos) oriundos das indústrias alimentícias, vem sendo cada vez mais comum. No entanto, devido à ausência de fatores anti-nutricionais e possuir alto valor biológico em termos de proteína verdadeira, o uso do farelo de soja na formulação das dietas faz com que este ingrediente apresente alto valor de compra no mercado (GOES et al., 2008a). Desta forma, no intuito de reduzir a dependência do farelo de soja como fonte proteica na formulação de dietas de ruminantes, diversas pesquisas vêm sendo realizadas com outros coprodutos na produção animal, principalmente em relação à composição química e resposta metabólica (GOES et al., 2004; QUEIROZ et al., 2010).

Devido à ação da microbiota ruminal que atua na degradação da proteína bruta do alimento ingerido, o uso de alimentos alternativos, como por exemplo, o farelo de algodão (FAL), pode apresentar resultados indesejados quanto ao aproveitamento da proteína verdadeira quando comparado ao farelo de soja (Santos e Pedroso, 2011). Diante disso, é importante desenvolver estudos que permitam diminuir a ação dos microrganismos no rúmen para maximizar o aproveitamento intestinal. Nesse contexto, o processamento desses alimentos, seja térmico ou químico, pode ser uma alternativa para atingir esse propósito.

Dentre os possíveis tipos de processamento de alimentos como por exemplo térmico, autoclavagem, aditivos e tanino, o tratamento térmico tem sido utilizado para aumentar os níveis da proteína não degradada no rúmen (PNDR) no alimento, no entanto o tratamento por calor pode tornar a proteína do alimento indigestível diminuindo assim a disponibilidade dos nutrientes a nível de intestino (LOYOLA et al., 1998).

A redução na digestibilidade do alimento no rúmen, quando o mesmo recebe algum tipo de tratamento térmico, se dá devido a reação de Maillard que ocorre entre os resíduos de açúcares e os aminoácidos (VAN SOEST, 1982). A reação de Maillard é um tipo de escurecimento não enzimático entre reações de condensação de aminas primárias e açúcares redutores, sendo os produtos isomerizados e polimerizados (HODGE, 1953).



A reação de Maillard detém de diversos acontecimentos bioquímicos, no qual o primeiro deles é a catalase dos compostos aminos, sendo esta evidenciada pela condensação dos açúcares aos grupamentos amins e rearranjo da molécula, o processo é seguindo com a desidratação e polimerização do açúcar, formando um composto insaturado com porção amina de fácil desarranjo (HODGE, 1953).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o farelo de algodão processado termicamente em microondas em diferentes tempos e com ou sem adição de xilose, para o aumento da PNDR através de metodologias *in situ*.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa de Bovinos de Corte, unidade de pesquisa do Instituto de Zootecnia, localizada em Sertãozinho, região norte do Estado de São Paulo. Foram utilizados 3 novilhos nelore, castrados, preparados cirurgicamente com cânula ruminal, com peso corporal médio de 450 Kg. Os animais ficaram alojados em baias semicobertas durante todo o período experimental, recebendo alimento no cocho a base de silagem de sorgo e farelo de soja, além de água e suplemento mineral à vontade.

Foram avaliados três farelos proteicos, farelo de algodão, farelo de soja sem processamento, e o farelo de soja comercial Soypass®, os quais foram moídos em moinho de facas (Moinho tipo Wiley; Tecnal Equipamentos Científicos, Piracicaba, SP, Brasil), com peneira de 2 mm de crivo. Os farelos de algodão sem nenhum processamento, o farelo de soja convencional e farelo de soja soypass foram considerados como tratamentos controle. Para o processamento térmico do farelo de algodão via por microondas foram preparadas seis amostras de 450g de farelo, as quais foram pesadas em balança digital (Mettler Toledo, modelo ME2002E, Polaris Parkway Columbus, OH, EUA) e colocadas em um recipiente de vidro. Na sequência, as amostras foram colocadas em microondas (Eletrolux, modelo MEP37, Manaus, AM, Brasil) e processadas em potência máxima nos tempos 2, 4 e 6 minutos com e sem adição de xilose (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos resultantes dos processamentos via microondas com ou sem adição de xilose e dos farelos proteicos

PROCESSAMENTO	tempo (min)	TRATAMENTO		
		FAL <sup>1,2</sup>	FS <sup>3</sup>	Soypass <sup>4</sup>
Controle	-	CON	CONFS	SOYPASS
Micro-ondas com xilose	2	TMICCX2		
	4	TMICCX4		
	6	TMICCX6		
Micro-ondas sem xilose	2	TMICSX2		
	4	TMICSX4		
	6	TMICSX6		

<sup>1</sup>Farelo de Algodão, TMICCX = tratamento microondas com xilose, TMICSX = tratamento microondas sem xilose, <sup>3</sup>Farelo de soja, <sup>4</sup>Farelo de Soja comercial Soypass®

Para a determinação da proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR) utilizou-se da metodologia *in situ* recomendada pelo NRC (2001). Para a obtenção das matérias primas foram comparados três sacos de 60 Kg de cada farelo em diferentes lojas agropecuária. Realizou-se no laboratório a coleta das amostras sendo essas inicialmente entre 450 a 600 gramas de cada matéria prima para cada tratamento, para isto os sacos foram abertos, homogeneizados e coletado amostras de diversos pontos compondo assim a amostra inicial. Para a incubação *in situ*, sub-amostras de cada tratamento foram pesadas em balança analítica de precisão (2,5 g) e assim que pesadas foram acondicionadas em de saquinhos de poliéster (5 × 10 cm) com porosidade de 50 µm (R510, Ankom, Fairport, NY). Os saquinhos foram previamente identificados e secos em estufa a 105 °C por 1 hora. As incubações precederam-se de forma que cada tratamento teria uma duplicata em três animais simultaneamente, realizada por meio de cânula no rúmen por 2, 4, 8, 12, 24 e 48 horas. Os saquinhos do tempo 0 foram mergulhados em água para simular a fração prontamente degradável da proteína. Após a remoção dos saquinhos, as amostras foram imergidas em balde contendo aproximadamente 20 litros de água com gelo e solução salina por 15 min. Em seguida, realizou se a lavagem dos saquinhos em ‘tanquinho’ em 3 ciclos de 5 min, ou até o total clareamento. Após a lavagem, os saquinhos foram secos em estufa ventilada (55°C) por 48 horas. A degradabilidade ruminal e a degradabilidade efetiva da MS e PB foram calculadas de acordo com os modelos desenvolvidos por Orskov e McDonald (1979).

Os teor de MS e PB dos alimentos e dos resíduos incubados foram determinados de acordo com a AOAC (2006), sendo a MS (método 934.01) e a PB (método 990.13). Análises estatísticas foram realizados por meio do software SAS 9.4 (Statistical Analysis Institute System, Inc., Cary, NC, EUA), com  $\alpha = 0,05$ . As médias, dentro de cada incubação, foram consideradas como unidades experimentais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processamento térmico com o uso de microondas e com ou sem adição de xilose afetou negativamente ( $P < 0.01$ ) os parâmetros de degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) dos farelos de algodão quando comparados aos farelos de soja convencional e Soypass. O farelo de soja convencional apresentou maior DE quanto comparado aos demais tratamentos sendo este valor de 62,0 % da MS, já para o farelo de soja soypass® obteve-se valor intermediário aos demais farelos proteicos, com 54,0 % da MS, o farelo de algodão sem nenhum processamento apresentou valor de 43,7 % da MS, para os farelos de algodão que foram processados termicamente, encontrou-se que o tratamento com adição de xilose (TMICCX2) e sem xilose (TMICSX2) por dois minutos, sem xilose por quatro (TMICSX4) e seis TMICSX6) minutos foram estatisticamente iguais ao tratamento controle sendo os valores de 44,4; 44,5; 40,9; 40,8% da MS respectivamente. O processamento com xilose por quatro (TMICCX4) e seis TMICCX6) minutos apresentaram valores de 39,6; 37,5 de DE (% da MS; Tabela 2).

**Tabela 2.** Efeito de tratamento térmico a base de micro-ondas sobre parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca no farelo de algodão e suplementos proteicos.

Tratamentos	Frações <sup>1</sup>			kd, %/h	DE, % da MS <sup>2</sup>
	A	B	C		
FS Conv	36.5 <sup>a</sup>	62.1	1.4 <sup>e</sup>	5.34	62.0 <sup>a</sup>
FS-Soypass	38.0 <sup>a</sup>	53.2	8.83 <sup>d</sup>	3.10	54.0 <sup>b</sup>
FA Conv	22.2 <sup>bc</sup>	54.5	23.3 <sup>abc</sup>	4.70	43.7 <sup>c</sup>
TMICCX2	21.5 <sup>b</sup>	56.3	22.2 <sup>bc</sup>	5.10	44.4 <sup>c</sup>
TMICCX4	18.2 <sup>de</sup>	56.6	25.2 <sup>ab</sup>	4.83	39.6 <sup>d</sup>
TMICCX6	17.1 <sup>e</sup>	55.7	27.2 <sup>a</sup>	4.30	37.5 <sup>d</sup>
TMICSX2	22.4 <sup>b</sup>	58.1	19.5 <sup>c</sup>	4.53	44.5 <sup>c</sup>
TMICSX4	20.8 <sup>bcd</sup>	55.4	23.7 <sup>abc</sup>	4.20	40.9 <sup>cd</sup>
TMICSX6	18.7 <sup>cde</sup>	58.6	22.7 <sup>bc</sup>	4.60	40.8 <sup>dc</sup>
EPM <sup>3</sup>	1.20	2.21	2.02	0.011	3.19
P - value	<0.01	0.13	<0.01	0.18	<0.01

<sup>a-d</sup> Médias com letras subscritas na coluna indicam diferenças significativas ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup>A = Fração solúvel, B = Fração potencialmente degradável, C = Fração indigestível.

<sup>2</sup>DE = degradabilidade efetiva da MS, assumindo uma taxa de passagem (kp) de 7%/h.

<sup>3</sup>Erro Padrão da média.

O maior valor de degradabilidade do farelo de soja convencional pode ser explicado por pelos resultados encontrados na fração indigestível (fração C) desse tratamento, sendo esse valor de 1,4% da MS, já para os demais tratamentos controle observou-se menor degradabilidade efetiva



e maior fração indigestível do alimento, este resultado está de acordo com o encontrado por Maxin et al. (2013), que avaliando quatro diferentes fontes proteicas (farelo de soja extraído com solvente, farelo de canola extraído com solvente, grão de destilaria do milho com alta proteína e grão de destilaria de trigo mais solúveis) encontraram que o farelo de soja teve uma DE de 72,6% da MS e 0,09% da MS para a fração C (indigestível) após 48 horas de incubação do alimento.

Avaliando a fração C, entre os processamentos com microondas, o tratamento com xilose exposto ao microondas por quatro minutos (TMICX4; 25,2% da MS), por seis minutos (TMICX6; 27,2% da MS) e o tratamento sem xilose por quatro minutos (TMICX; 23,7% da MS) não apresentaram diferença significativa, o aumento da fração C da MS de alguns tratamentos pode ser explicado pela isomerização e polimerização dos compostos através da reação de Maillard como descrito por Can & Ylmaz, 2002. O processamento do farelo de algodão por dois minutos em microondas com ou sem xilose apresentou valores menores para a fração C da MS (22,2%; 19,5%) e valores representativos para a fração potencialmente digestível (fração B 56,3e 58,1, respectivamente), esses resultados podem confirmar a hipótese de Cleale et al. (1987), onde encontraram que as reações de polimerização e isomerização entre grupamentos aminas e açúcares de forma controlada pode ser eficaz para o aumento da PNDR sem torna-los indigestíveis no intestino delgado.

A fração potencialmente degradável (B) da matéria seca do farelo de soja convencional, farelo de soja soypass® e farelo algodão convencional apresentou valores de 62.1, 53.2 e 54.5% da MS, respectivamente. Moreira et al. (2003) avaliando 10 diferentes concentrados proteicos, sobre a degradabilidade ruminal da MS encontrou 72,93 e 63,37% de degradabilidade da MS para o farelo de soja e farelo de algodão respectivamente, para a fração B. Dados similares para o farelo de soja foram encontrados por Rossi et al. (1997), avaliando vários concentrados proteicos em animais alimentados com duas dieta, a primeira contendo 82% de volumoso e 18% de concentrado e a segunda contendo 61% de volumoso e 39% de concentrado, observando que a degradabilidade ruminal da fração B da MS para a dieta 1 foi de 62,07% já para a para a dieta 2 encontrou-se 61,82%.

Os parâmetros de degradabilidade PB do farelo de algodão e dos demais farelos proteicos controle foram significativamente afetados pelos tratamentos (Tabela 3).

Dentre os resultados encontrados, o farelo de soja soypass® apresentou 63,1% de PNDR maior valor quando comparado aos demais suplementos proteicos, o farelo de soja convencional teve 47,6% de PDR e 52,4% de PNDR, valor menor em comparação ao soypass®, no entanto o farelo de soja convencional apresentou a maior fração potencialmente degradável (81,5%) quando comparado ao soypass® (66,5%), esses resultados podem ser justificados através da taxa de



degradabilidade (kd), sendo que o farelo de soja convencional apresentou uma maior taxa de degradabilidade (4,30%/h) comparada ao soypass® (2,53 %/h). Para os farelos de algodão processados termicamente, os menores valores observados da PNDR, podem ser explicados pelos os mesmos apresentarem maiores taxas de degradabilidade. Esses resultados são similares ao encontrado por Goes et al., (2008b), que realizando um experimento a fim de avaliar a cinética de degradação de alguns alimentos volumosos e concentrados encontrou para o farelo de soja 65,75% da fração potencialmente degradada da PB e de DE de 67,57% (8%/h), já para Oliveira et al., (2003) os dados encontrado para o farelo de soja para a fração B do alimento foram de 83,55% da PB e com degradabilidade efetiva de 48,3% com a taxa de passagem de 8%/h).

**Tabela 3.** Efeito de tratamento térmico a base de microondas sobre parâmetros de degradação ruminal e degradabilidade efetiva da proteína bruta em farelo de algodão e suplementos proteicos

Tratamentos	Frações <sup>1</sup>			kd, %/h	PDR <sup>2</sup>	PNDR <sup>3</sup>
	A	B	C			
FS Conv	17.5 <sup>e</sup>	81.5 <sup>a</sup>	1.00 <sup>d</sup>	4.30	47.6 <sup>c</sup>	52.4 <sup>b</sup>
FS-Soypass	19.6 <sup>de</sup>	66.5 <sup>bc</sup>	13.9 <sup>a</sup>	2.53	36.9 <sup>d</sup>	63.1 <sup>a</sup>
FA Conv	32.8 <sup>abc</sup>	61.9 <sup>cd</sup>	5.33 <sup>bcd</sup>	5.96	60.7 <sup>ab</sup>	39.3 <sup>cd</sup>
TMICCX2	22.8 <sup>d</sup>	70.6 <sup>b</sup>	6.63 <sup>dcd</sup>	6.26	54.7 <sup>b</sup>	45.3 <sup>c</sup>
TMICCX4	32.1 <sup>bc</sup>	59.6 <sup>cd</sup>	8.36 <sup>abc</sup>	6.67	57.5 <sup>ab</sup>	42.5 <sup>cd</sup>
TMICCX6	34.5 <sup>ab</sup>	55.2 <sup>d</sup>	10.3 <sup>ab</sup>	4.70	55.7 <sup>ab</sup>	44.2 <sup>cd</sup>
TMICSX2	30.8 <sup>bc</sup>	65.1 <sup>cb</sup>	4.13 <sup>cd</sup>	6.63	61.1 <sup>ab</sup>	38.9 <sup>cd</sup>
TMICSX4	37.8 <sup>a</sup>	55.8 <sup>cd</sup>	6.36 <sup>bcd</sup>	5.53	61.7 <sup>a</sup>	38.4 <sup>d</sup>
TMICSX6	28.3 <sup>c</sup>	66.1 <sup>cb</sup>	5.60 <sup>bcd</sup>	6.38	58.4 <sup>ab</sup>	41.6 <sup>cd</sup>
EPM <sup>4</sup>	1.69	2.82	2.16	0.015	3.95	3.95
P - value	<0.01	<0.01	0.02	0.21	<0.01	<0.01

<sup>a-d</sup> Médias com letras subscritas na coluna indicam diferenças significativas ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>2</sup>PDR = proteína degradável no rúmen

<sup>3</sup>PNDR = proteína não degradável no rúmen

<sup>4</sup>EPM = erro padrão da média

Quanto aos valores encontrados do farelo de algodão, a fração B foi satisfatória quando comparada dentro do mesmo parâmetro ao tratamento do soypass® no entanto a diminuição da PNDR desse farelo acontece podendo isso ser explicado devido a alta taxa de degradabilidade do alimento. Os valores encontrados para a fração potencialmente degradável estão de acordo com o trabalho de Martins et al., (1999) que encontrou 50,4% dessa fração com 79,00 % de DE sobre a taxa de passagem de 8 (%/h).





## 4 CONCLUSÃO

Conclui-se desta forma que o uso de processamentos térmico com microondas por dois, quatro ou seis minutos e com ou sem adição de xilose no farelo de algodão para o aumento da proteína não degradada no rúmen não foi eficaz.

## 5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, pela concessão da bolsa, tornando assim possível minha participação na pesquisa científica.

Agradeço ao IFRO, instituto no qual curso graduação em Zootecnia por todo o apoio concebido para que eu desfrutasse de tal experiência.

Agradeço a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto (Número do processo: 2018/19743-7).

Agradeço aos meus orientadores por toda informação e conhecimento passados ao longo desse ano de iniciação científica, informações essas que contribuem para meu crescimento profissional, por isso OBRIGADO!

## 6 REFERÊNCIAS

- CAN, A.; YILMAZ, A. Usage of xylose or glucose as non-enzymatic browning agent for reducing ruminal protein degradation of soybean meal. **Small Ruminant Research**, v. 46, n. 2–3, p. 173–178, 2002.
- CLEALE, R. M.; KLOPFENSTEIN, T. J.; BRITTON, R. A. Induced non - enzymatic browning of soybean meal. I . Effects of factors controlling non - enzymatic browning on in vitro ammon a release. **J. Anim. Sci**, v.65, p. 1312–1318, 1987.
- DE OLIVEIRA, M. V. M. et al. Ruminal Degradability and Intestinal Digestibility of Feeds by Means of Associated Technical In Situ and Mobile Nylon Bag. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6 SUPPL. 2, p. 2023–2031, 2003.
- DETMANN, E.; PAULINO, M. Bovinos Em Pastejo Durante O Período De Transição Seca/Águas: Digestibilidade Aparente E Parâmetros Do Metabolismo Ruminal E Dos Compostos Nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1380–1391, 2005.
- GOES, R. H. DE T. E B. DE et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 167–173, 2004.
- GOES, R.H. DE T. E B. DE et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 9, n. 4, p. 715–725, 2008a.
- GOES, R. H. DE T. E B. DE et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta de silagens de híbridos de milho. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 39, n. 4, p. 603–608, 2008b.
- HODGE, J. E. Browning reactions in model systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 1, p. 928–943, 1953.
- LOYOLA, V. R. et al. Digestibilidade in vitro do Farelo de Canola Tratado com Calor e, ou, Tanino. **R. Bras.**



**Zootec.**, v. v.27, n. Cc, p. 1037–1041, 1998.

MARTINS, A. D. S. et al. Degradabilidade Ruminal In Situ da Matéria Seca e Proteína Bruta das Silagens de Ruminal in situ Degradability of Dry Matter and Crude Protein of Corn and Sorghum Silages and Some Concentrate Feeds. p. 1109–1117, 1999.

MAXIN, G.; OUELLET, D. R.; LAPIERRE, H. Ruminal degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distillers grains. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 8, p. 5151–5160, 2013.

QUEIROZ, M. A. Á. et al. Características físico-químicas de fontes proteicas e suas interações sobre a degradação ruminal e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p. 1587–1594, 2010.

RIBEIRO, G. M. et al. Efeito da fonte protéica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6 SUPPL., p. 2082–2091, 2007.

ROSSI, P. J. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fração protéica da silagem de milho, do farelo de soja e do sorgo grão, em bovinos da raça nelore. Comparação com os dados obtidos pelo CNCPS. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 3, p. 599–607, 1997.

SEIXAS, J. R. C. et al. Performance of Beef Cattle in Feedlot Feeding with Diets Based on Cottonseed Meal, Urea or Starea. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 2, p. 432–438, 1999.

VAN SOEST, P.J., Nutritional Ecology of the Ruminant. **O&B Books Inc.**, Corvallis, OR, pp. 114–117, 1982.