

# DEGRADAÇÃO RUMINAL DA MATÉRIA SECA, DA PROTEÍNA E DOS AMINOÁCIDOS DO MILHO E DE GERMENS DE MILHO<sup>1</sup>

REGINALDO NASSAR FERREIRA,<sup>2</sup> JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL,<sup>3</sup> BENEVAL ROSA,<sup>4</sup>  
SÉRGIO DO NASCIMENTO KRONKA,<sup>5</sup> JULIANA BORBARI DOURADO<sup>6</sup> E ROSIMEIRY LAÍS GALATI<sup>6</sup>

1. Parte da tese de doutorado do primeiro autor, apresentada e defendida junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNESP/Jaboticabal, SP.

2. Médico veterinário e professor do Instituto de Ciências Biológicas da UFG.

3. Zootecnista e professora da FCAV/UNESP/Jaboticabal, SP.

4. Engenheiro agrônomo e professor do Departamento de Produção Animal da UFG. E-mail: beneval@vet.ufg.br

5. Engenheiro agrônomo e professor do Departamento de Ciências Exatas da UNESP/Jaboticabal, SP.

6. Alunas da Pós-Graduação em Zootecnia da FCAV/UNESP/Jaboticabal, SP.

## RESUMO

O trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP de Jaboticabal. Utilizaram-se três bovinos  $\frac{3}{4}$  holandês x zebu, fistulados no rúmen, no abomaso e no intestino delgado com cânula fixa tipo T. Testaram-se quatro alimentos: milho (M); gérmen de milho com 1% de EE (G1), gérmen de milho com 7% de EE (G7) e gérmen de milho com 10% de EE (G10). Os mesmos alimentos foram também extrusados: MEx; G1Ex; G7Ex e G10Ex. Procedeu-se à incubação ruminal, usando-se a técnica de sacos de náilon, à degradabilidade da MS e da PB e à disponibilização de AA. A dieta básica foi composta de gérmen de milho, farelo de soja e feno de capim Coastcross, numa relação volumoso concentrado de 70:30. A degradação ruminal da MS apresentou os seguintes valores para os alimentos M, G1, G7 e G10, respectivamente 37,5%, 56,6%, 56,8% e 55,1%. Para os alimentos extrusados, foi de 52,3%, 68,9%, 69,0% e 61,6%, para MEx, G1Ex, G7Ex e G10Ex. O M mostrou-se significativamente inferior aos demais alimentos e a

extrusão aumentou a degradabilidade ruminal da MS para todos os alimentos. A degradabilidade da proteína bruta foi de 27,0%, 60,9%, 56,8% e 35,1%, para M, G1, G7 e G10 e de 50,8%, 52,2%, 66,4% e 59,6% para MEx, G1Ex, G7Ex e G10Ex, respectivamente. A extrusão somente não aumentou a degradabilidade da PB do G1. A lisina apresentou alta degradabilidade ruminal para os alimentos testados, com valores acima de 99% de degradabilidade. A metionina apresentou valor de degradabilidade inferior para M (37,4%) em relação a G10 (57,1%). A treonina não apresentou diferenças entre os alimentos e a extrusão. Concluiu-se que o processamento do milho com a obtenção de seus subprodutos pode aumentar a degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta e metionina, mas que, dependendo da intensidade do processamento, a degradabilidade da PB pode não ser alterada comparada ao milho. A extrusão aumenta a degradabilidade ruminal de MS do milho e subprodutos.

**PALAVRAS-CHAVES:** Aminoácidos, degradabilidade, extrusão, ruminantes.

## ABSTRACT

### RUMINAL DEGRADATION OF THE DRY MATTER, PROTEIN AND THE AMINOACIDS OF THE CORN AND CORN GLUTENS MEAL

The present work was carried out at the Faculty of Agriculture and Animal Science, UNESP-Jaboticabal. Three

$\frac{3}{4}$  Holstein x Zebu bovines fistulated on rumen, abomasum and intestine using a fixed cannula type T were used. Four

types of feed: corn (M), 1% EE corn gluten meal (G1), 7% EE corn gluten meal and 10% EE corn gluten meal (G10) were tested. All feed were also extruded: CornEx, G1Ex, G7Ex and G10EX. Ruminal incubation was done using the nylon bags technique, and degradability of dry matter, crude protein and disponibilization of amino acids were analyzed. Basic diet was composed of corn gluten meal, soybean meal and hay at roughage (70): concentrate (30) ratio. Ruminal degrading of dry matter feed M, G1, G7 and G10 presented the following values: 37.5%, 56.7%, 56.8% and 55.1% respectively. Extruded feed: 52.3%, 68.9%; 69.0% and 61.6% for Mex, G1Ex, G7Ex and G10Ex. The corn was significantly inferior to others and extruded feed increased ruminal degradedly for all feed. The degradability of crude protein was 27.0%, 60.9%, 56.8% and 35.1% for

M, G1, G7 and G10; 50.8, 52.2, 66.4 and 59.6 for MEx; G1Ex; G7Ex and G10Ex, respectively. Statistically the G1 feed was equal to M and both were inferior to G7 and G10. The extrusion process did not increase the degradability of crude protein of G1. The lysine presented high ruminal degradability for tested feed, showing values above 99%. The metionin presented values of degradability inferior for M (37.4%) related to G1 (57.1%). The treonine did not present differences between feed and extrusion. It can be concluded that the processing of corn to obtain by-products can increase the ruminal degradability of dry matter, protein and metionine, but depending on intensity of processing, the degradability of crude protein may not be altered when compared to corn. The extrusion increased the ruminal degradability of dry matter of corn and by-products.

KEY-WORDS: Amino acids, degradability, extrusion, ruminants.

## INTRODUÇÃO

O estudo do metabolismo da proteína tem importância destacada pelas características dos alimentos destinados à alimentação de bovinos no Brasil. NORLAN (1993) relatou que a síntese de aminoácidos (AA) pelos microorganismos do rúmen incluiu os AA normalmente considerados essenciais para os tecidos de mamíferos. Vários microorganismos do rúmen sintetizam esses aminoácidos a partir de compostos simples de carbono e de nitrogênio não-protéico (NNP) dietético ou endógeno. Os AA são disponibilizados para o organismo animal após a digestão do microorganismo no intestino delgado.

Os nutricionistas, cada vez mais, trabalham com balanceamentos de rações considerando a proteína degradável no rúmen (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR) dos alimentos. Entretanto o padrão de AA absorvidos no intestino delgado é um fator importante para o desenvolvimento do animal (SCHWAB, 1996). O valor nutricional da mistura de PNDR e proteína microbiana depende do espectro de AA essenciais e da digestibilidade intestinal dessas fontes protéicas (NORLAN, 1993).

Segundo NOCEK & RUSSELL (1988), os efeitos da fermentação impõem alguns condicionantes. Se a taxa de degradação da proteína exceder a taxa de fermentação de carboidratos, grande quantidade de nitrogênio pode ser per-

didada como amônia. Quando a taxa de fermentação dos carboidratos exceder a de proteína, pode haver baixa produção de proteína microbiana. Quando a taxa de degradação do volumoso for muito lenta, ocorre diminuição na ingestão. E quando a taxa de degradação for lenta, alguns alimentos poderiam escapar da fermentação ruminal e passar diretamente para o intestino.

Lisina e metionina são consideradas como AA limitantes para vacas em lactação. A produção de leite, a proteína do leite e a ingestão de alimentos foram relacionadas por RULQUIN (1992) como respostas ao incremento de lisina e metionina na dieta. Segundo esse autor, a expectativa de aumento no conteúdo de proteína e a produção de leite pela suplementação pós-ruminal de lisina e metionina foram maiores quando o conteúdo de lisina e metionina é menor na PNDR. O aumento de lisina e metionina na dieta pode reduzir a concentração plasmática de ácidos graxos não esterificados e aumentar a habilidade do fígado em secretar lipoproteínas, que poderia reduzir a incidência de degeneração gordurosa no fígado e a ocorrência de cetose (CHAPOUTOT et al., 1992).

Dados sobre a disponibilidade intestinal de proteína permitiriam a formulação de rações com base na disponibilidade de PNDR (TEIXEIRA & HUBER, 1989). Resultados indicativos da ação limitante de lisina e metionina no metabolismo protéico animal necessitam de um conhecimento

adequado da absorção de aminoácidos e da formulação de dietas, para garantia da absorção de lisina e metionina (SCHWAB, 1996).

A indicação nas formulações da PNDR, como uma vantagem do ponto de vista de atender às exigências nutricionais do animal, por si só não garante o atendimento das necessidades dos animais em aminoácidos. Com esse fim, ainda é necessário, segundo O'CONNOR et al. (1993), mais estudo sobre a eficiência de utilização de aminoácidos pelo animal em função de sua condição fisiológica

Em ruminantes, as ações dos microorganismos do rúmen impossibilitam o cálculo, a partir da análise dos alimentos, dos AA que podem ser absorvidos no intestino. Com o uso da técnica de saco de náilon móvel é possível determinar, com precisão, rapidez e baixo custo, a digestibilidade da proteína dos alimentos durante a sua passagem no intestino (TEIXEIRA & HUBER, 1989).

O objetivo do presente trabalho foi estudar a degradabilidade ruminal da MS, PB, lisina, metionina e treonina do milho e germens de milho, com ou sem o efeito da extrusão.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

### Animais

Utilizaram-se três garrotes machos inteiros, ¾ Holandês x Nelore, com peso médio de 300 kg de peso vivo. Os animais foram fistulados no rúmen e abomaso. Durante o experimento, mantiveram-se os animais em baias individuais, cobertas, com piso de cimento, com dimensão de 8m<sup>2</sup>, dotadas de comedouro para dieta e bebedouro, everminados e vacinados contra febre aftosa.

Os bovinos receberam dieta contendo 70 % feno de capim Coastcross (*Cynodon dactylon* L. Pers) e 30 % de concentrado à base de germen de

milho 7% EE, farelo de soja e premix mineral. O consumo da dieta foi em média de 6 kg de matéria seca (MS) animal dia. Alimentaram-se os animais às 8 horas e às 17 horas. Elaborou-se a dieta para atender às exigências de crescimento para animais de acordo com o NRC (1996). A composição bromatológica e de aminoácidos dos ingredientes e da dieta é relacionada na Tabela 1.

### Alimentos

O milho (M) e os germens de milho contendo 1% (G1), 7% (G7) ou 10% (G10) de extrato etéreo (EE) foram submetidos à extrusão, resultando nos alimentos milho extrusado (MEx), germen a 1% extrusado (G1Ex), germen a 7% extrusado (G7%Ex) e germen a 10% extrusado (G10Ex). Submeteram-se os alimentos à extrusão em equipamentos cedidos pela Extrucen, Monte Alto, SP. A temperatura de extrusão foi de 100°C, com matriz de 3,5 mm e umidade inicial de 25%. A velocidade de trânsito da digesta no rúmen foi determinada a partir da metodologia proposta por ORSKOV & McDONALD (1979)

### Ensaio

A degradabilidade da matéria seca, da proteína bruta e dos aminoácidos dos alimentos foi determinada pela técnica *in situ*, descrita por TEIXEIRA & HUBER, (1989), utilizando-se sacos de náilon 100% poliamida, não resinados, medindo 15 por 7,5 cm, com poros de 40 micrômetros, contendo 5 g de cada um dos alimentos testados.

Adotou-se o período de incubação de doze horas (PIEPENBRINK & SCHINGOETHE, 1998). O período experimental teve a duração de 23 dias, sendo 21 dias de adaptação e uniformização na ingestão de matéria seca e dois dias para as incubações ruminais. Os sacos foram retirados do rúmen, lavados em água corrente fria e colocados em estufas de circulação de ar, com temperatura de 55° C, com ventilação, durante 24 horas. Após a secagem, pesaram-se os sacos e analisou-se o conteúdo para determinação de matéria seca e nitrogênio (AOAC, 1995) e AA (MOORE et al., 1958).

**TABELA 1.** Composição bromatológica dos alimentos e da dieta experimental\*.

	Feno	M	G1	G7	G10	Dieta
MS	88,7	89,2	82,6	88,5	90,4	88,3
PB	4,6	10,8	15,4	14,9	11,4	9,4
EE	1,3	3,0	1,0	8,4	10,1	2,5
FB	32,4	6,7	6,0	5,3	13,8	33,9
MM	5,8	1,5	4,6	2,6	5,3	5,7

Composição de AA dos alimentos em mg %\*\*

	M	G1	G7	G10
Lisina	0,5	0,6	0,5	0,4
Histidina	0,4	0,4	0,3	0,3
Arginina	0,8	0,9	0,7	0,7
Ácido aspártico	0,9	1,3	0,9	0,9
Treonina	0,4	0,6	0,4	0,4
Serina	0,5	0,7	0,6	0,6
Ácido glutâmico	1,5	2,3	1,6	1,9
Prolina	0,8	0,9	0,6	0,9
Glicina	0,5	0,8	0,6	0,5
Alanina	0,7	1,0	0,7	0,9
Cistina	0,2	0,2	0,2	0,1
Valina	0,4	0,5	0,4	0,4
Metionina	0,2	0,3	0,2	0,2
Isoleucina	0,2	0,4	0,3	0,3
Leucina	0,7	1,1	0,9	1,0
Tirosina	0,3	0,4	0,3	0,4
Fenilalanina	0,4	0,6	0,4	0,5

\* % MS

M = milho; G1 = gérmen 1% EE; G7 = gérmen 7% EE; G10 = gérmen 10% EE

\*\*MS desengordurada

## Análises laboratoriais

Realizou-se a análise de aminoácidos por cromatografia de fase reversa em HPLC, com digestão em hidrólise ácida. Procedeu-se às análises no Laboratório de Química de Proteínas da Faculdade de Medicina da USP, de Ribeirão Preto, SP. Alíquotas da amostra contendo de 5 a 10 mg de sólido previamente desengordurado foram transferidas para ampola de borossilicato de 10 x 150 mm (Pyrex) previamente pirolisada a 400°C por oito horas. Adicionaram-se 0,500mL de solução aquosa de ácido clorídrico 6N, bidestilado a 104°C, contendo 0,1% de fenol (m/v). Colocou-se cada ampola em mufla a 110°C, por 22 horas, segundo MOORE et al. (1958).

A introdução das amostras no aparelho foi feita com aplicação de uma alíquota entre 0,010 e

0,900mL nas colunas de troca catiônica do analisador e eluídas por diferença de pH e força iônica. Após a separação cromatográfica, os aminoácidos eluídos da coluna reagiram com ninidrina a uma temperatura de aproximadamente 100°C (banho de água em ebulição) por quinze minutos, e os produtos dessa reação foram detectados colorimetricamente em dois comprimentos de onda: 440 nm para Prolina e 570 nm para os demais aminoácidos (SPACKMAN et al., 1963).

## Delineamento estatístico

Adotou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em um esquema fatorial 4 x 2, em que cada animal constituiu um bloco e o fatorial para quatro tipos de alimentos e os mesmos extrusados ou não. O tempo de incubação

no rúmen foi de doze horas. Fez-se a comparação entre as médias pelo teste de Tukey (BANZATTO & KRONKA, 1995). Analisaram-se os efeitos de alimentos, da extrusão e da interação alimento  $\times$  extrusão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Degradabilidade da matéria seca

Como a interação entre os efeitos alimentos (A) e extrusão (E) foi significativa, procedeu-se ao desdobramento dessa interação para verificar o comportamento dos alimentos com extrusão

e sem extrusão, bem como o efeito da extrusão em cada alimento. Os dados do desdobramento da interação da degradabilidade da MS estão expressos na Tabela 2.

Pelos dados da Tabela 2, o M possui degradabilidade ruminal da MS significativamente inferior aos demais alimentos (G1, G7 e G10), considerando ou não o efeito da extrusão, o que está de acordo com o NRC (1996), que apresentou o milho com menor degradabilidade ruminal da MS do que o farelo de glúten de milho, que foi similar ao farelo de germen de milho nacional.

**TABELA 2.** Degradabilidade ruminal da MS dos alimentos extrusados e não extrusados.

Processamento	Alimentos			
	Milho	Germen 1%	Germen 7%	Germen 10%
Sem extrusão	37,5 bB	56,7 aB	56,8 aB	55,1 aB
Com extrusão	52,3 cA	68,9 aA	69,0 aA	61,6 bA
C.V. (%)	2,8			

a, b, c – em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

A, B – em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Apesar de as formas físicas serem aparentemente iguais entre o milho triturado e seus subprodutos, o processamento gerou diferenças. Segundo CROCKER et al. (1998), os métodos de processamento dos grãos foram usados para alterar certas características dos produtos, que aumentariam a digestão do amido, por exercerem efeito no local e extensão da digestão. Para HALE (1973), o tratamento térmico a vapor modificou a estrutura química do grão, rompendo a ligação da proteína da matriz com o amido, facilitando, dessa forma, a ação das enzimas microbianas nos grânulos de amido.

O processamento de extrusão do M no presente trabalho confirmou essa hipótese, na medida em que se observou aumento significativo – de 37,5 % para 52,3% – na sua degradabilidade ruminal. Esse mesmo efeito é observado significativamente nos demais subprodutos do

milho mostrando que, além do processamento de obtenção dos germens de milho, a extrusão pode aumentar ainda mais as suas respectivas degradações, o que está de acordo com CROCKER et al. (1998), que observaram diminuição na degradabilidade do amido de milho quando a participação de milho submetido à pressão de vapor era diminuída na dieta em favor do milho seco.

A ação de solventes, a umidade e a temperatura inerentes ao processamento do milho para a extração do amido e óleo modificam sua estrutura, expressando-se na degradabilidade das matérias-primas no rúmen. Entre os germens de milho, a degradabilidade da matéria seca não diferiu significativamente (Tabela 2), quando comparados sem a extrusão. A ação da extrusão potencializou a ação térmica do processo de obtenção dos germens e alterou significativamente

( $p < 0,05$ ) a degradabilidade do milho no rúmen.

No gérmen de milho a concentração de amido foi significativamente alterada. Valores mais baixos aos observados no presente trabalho foram obtidos por PIEPENBRINK & SCHINGOETHE (1998), que estudaram a degradação ruminal do farelo de glúten de milho utilizando a técnica de sacos de náilon no rúmen com tempo de incubação de doze horas. Os citados autores observaram que a MS farelo de gérmen apresentou uma degradação ruminal de 29,2%. Esse valor é semelhante ao encontrado por MAIGA et al. (1996), de 33,0%, para farelo de glúten de milho com 68,4% de PB, em doze horas de incubação ruminal. Contrários aos dados do presente trabalho, KNOWLTON et al. (1998) não observaram aumento na digestibilidade da MS de milho tratado. O valor da digestibilidade de MS observado pelos autores para o milho seco foi de 57,0% e para o milho tratado de 64,7%.

É de se supor que toda a matéria orgânica é modificada em sua estruturação pela extrusão. Essa disponibilização interfere na microbiologia ruminal, pela alteração no substrato disponível para os microorganismos, mediante a ocorrência de uma maior disponibilidade de aminoácidos, nitrogênio e carboidratos para a fermentação ruminal.

#### Degradabilidade da proteína bruta

Na Tabela 3 estão expressos os valores médios da degradação ruminal da PB dos alimentos e os respectivos efeitos da extrusão. A degrada-

bilidade da PB foi significativamente inferior no M quando comparada com G1, G7 e G10. Com a extrusão, a degradação da PB aumentou significativamente de 27,0% para 50,8%. Os subprodutos do milho, G7Ex e G10Ex, apresentaram maior degradabilidade ruminal da PB com a extrusão. O milho, talvez por não ter sofrido nenhum processamento prévio, respondeu positivamente ao processo de extrusão, quase dobrando a degradabilidade. Ao aumentarem a degradabilidade ruminal, G7Ex e G10Ex mostram possibilidade da alteração na sua disponibilidade ruminal pela extrusão, mesmo tendo passado pela extração de amido. No entanto, matéria-prima que já tenha sofrido processamentos mais intensos, como o G1Ex, poderia não responder positivamente à extrusão, mas apresentar aumento em relação ao milho, apenas decorrente do processo de extração do óleo, como ocorreu com G1.

COOMER et al. (1993) observaram degradabilidade aparente da PB do farelo de glúten de milho de 24,2%, valor que é inferior ao encontrado no presente trabalho. Isso pode explicar o fato de os autores terem encontrado diminuição na concentração de N amoniacal no rúmen associada à menor degradabilidade da MS e da MO. Semelhante a essa observação, PIEPENBRINK & SCHINGOETHE (1998) observaram uma degradabilidade da PB do farelo de glúten de milho de 17,0% para doze horas de incubação. Níveis baixos ainda se observaram por MAIGA et al. (1996), também com doze horas de incubação de um farelo de glúten com 68,4 % de PB.

**TABELA 3.** Degradabilidade ruminal da PB dos alimentos extrusados e não extrusados.

Processamento	Alimentos			
	Milho	Gérmen 1%	Gérmen 7%	Gérmen 10%
Sem extrusão	27,0 bB	60,9 aA	56,8 aB	55, 1Ab
Com extrusão	50,8 bA	52,2 abA	66,4 aA	59,6 abA
C.V. (%)	12,0			

a, b – em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

A, B - em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

## Degradabilidade dos aminoácidos

A extrusão aumentou a degradabilidade da metionina para M, como também para G1 e G10, embora não tenha sido significativa a diferença. A degradação da metionina dos alimentos no rúmen apresentadas na Tabela 5 mostra que M foi inferior a G1, G7 e G10, sem extrusão, representando que o milho forneceu menor quantidade de metionina no nível ruminal quando comparado com seus subprodutos. Comprovando o efeito do tratamento térmico na proteína, a extrusão tornou semelhante o resultado de degradabilidade ruminal da metionina do MEx, mostrando que MEx equiparou-se na degradabilidade ruminal da metionina com G7.

Os dados da Tabela 6 mostram que não ocorreu interação entre os alimentos e a extrusão, o que permite que sejam comparados de forma independente. A disponibilização da treonina dos alimentos no rúmen não apresentou efeitos de fontes de alimentos ou da extrusão.

Pelos dados das Tabelas 4, 5 e 6, observa-se que o desaparecimento de AA no rúmen é diferenciado por AA, fazendo supor que suas estruturas químicas ou demanda de microorganismos os condicionariam. O mesmo pode ser observado quanto ao individualismo dos AA em relação ao tratamento prévio das proteínas. O presente trabalho conflita com os dados de LADELY et al. (1995), que não encontraram queda nos níveis de lisina da MS de milho após doze horas de incubação ruminal, sendo que com milho de alta

lisina a concentração de lisina aumentou após a incubação, passando de 0,29% para 0,37%. Com a metionina, a degradação foi significativa somente para o milho com alto teor de lisina, passando de 0,23% para 0,17%, após doze horas de incubação. A treonina não apresentou alteração para nenhuma das variedades de milho. Em valores da percentagem do AA na proteína, PIEPENBRINK & SCHINGOETHE (1998) não observaram variações nas concentrações de lisina, metionina e treonina em subproduto de milho, após doze horas de incubação no rúmen. MAIGA et al. (1996) observaram o aumento da concentração da lisina, treonina e metionina em subproduto de milho com 68,4% de PB, com doze horas de incubação.

COZZI & POLAN (1995), trabalhando com subproduto de milho, com doze horas de incubação, observaram dados que se assemelham aos do presente trabalho no que se refere à degradabilidade da lisina, metionina e treonina. A lisina passou de 1,9% na matéria original para 2,1% no resíduo da incubação. A metionina, de 2,6% para 2,1%, e a treonina, de 4,4% para 3,6%. Esse subproduto de milho, apesar de receber a mesma denominação dos outros trabalhos, apresentou uma PB de 67,7%, justificando os elevados níveis de AA, se comparado com outros subprodutos do milho. Trata-se de variabilidade de produtos, composição e forma de expressar a degradabilidade que deverão ser equacionados, ao se propor seu eficiente aproveitamento para a formulação de dietas.

**TABELA 4.** Degradação percentual de lisina dos alimentos no rúmen extrusados e não extrusados.

Processamento	Alimentos			
	Milho	Gérmen 1%	Gérmen 7%	Gérmen 10%
Sem extrusão	99,89aA	99,78bB	99,89aA	99,90Aa
Com extrusão	99,91aA	99,83bA	99,81bB	99,92Aa
C.V. (%)	0,03			

a, b – em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

A, B - em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

**TABELA 5.** Degradação de metionina dos alimentos no rúmen extrusados e não extrusados.

Processamento	Alimentos			
	Milho	Gérmen 1%	Gérmen 7%	Gérmen 10%
Sem extrusão	37,4 bA	51,7 abA	55,1 abA	57,1aA
Com extrusão	51,8 abA	53,9 abA	40,9 bA	66,6 aA
C.V. (%)	15,9			

a, b – em cada linha, médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

A, B – em cada coluna, médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

**TABELA 6.** Média dos fatores da análise de variância para a degradabilidade da treonina dos alimentos no rúmen.

Fatores	Degradabilidade da treonina (%)
Alimentos (A)	
Milho	44,9 a
Gérmen 1%	48,9 a
Gérmen 7%	44,1 a
Gérmen 10 %	55,0 a
Processamento	
Sem extrusão	48,5a
Com extrusão	48,0a
C.V. (%)	17,1

a, b – para cada fator, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

## CONCLUSÃO

O processo de obtenção dos subprodutos do milho aumentou a degradação ruminal da MS e da PB e a disponibilidade de AA no rúmen. A extrusão potencializou a degradação ruminal da MS dos subprodutos, de maneira dependente do nível de gordura, e aumentou a degradação ruminal da MS e da PB do milho. A lisina apresenta alta degradabilidade ruminal no milho e no gérmen de milho. A metionina mostrou menor degradabilidade ruminal no milho em relação aos gérmens. A degradabilidade da treonina não difere, se oriunda do milho ou de seus subprodutos, também não se alterando com o tratamento térmico.

## REFERÊNCIAS

AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: Patricia Cunniff, 1995. 1025 p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

CHAPOUTOT, P.; SCHMIDELY, P.; SAUVANT, D.; BOUSQUIN, P.; ROBERT J. C.; SLOAN, B. K. Influence of a ruminally protected blend of lysine and methionine on dairy cow nutrition and production. **Journal of Dairy Science**, v. 75, suppl.1, p.199, 1992. Abstract.

COOMER, J. C.; AMOS, H. E.; FROETSCHER, M. A.; RALAND, K. K.; WILLIAMS, C. C. Effects of supplemental protein source on ruminal fermentation, protein degradation, and amino acid absorption in steers and on growth and feed efficiency in steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v. 71, p.3078-3086, 1993.

COZZI, G.; POLAN, C. E. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 77, p. 825-834, 1995.

CROCKER, L. M.; DePETERS, E. J.; FADEL, J. G.; PEREZ-MONTI, H.; TAYLOR, S. J.; WYCKOFF, J. A.; ZINN, R. A. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on diges-

- tion of nutrients and milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p.2394-2407, 1998.
- HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 37, p.1075-1080, 1973.
- KNOWLTON, F.; GLENN, B. P.; ERDMAN, R. A. Performance, ruminal fermentation, and site of starch digestion in early lactation cows fed corn grain harvested and processed differently. **Journal of Dairy Science**, v. 81, 1972-1984, 1998.
- LADELY, S. R.; STOCK, R. A.; KLOPFENSTEIN, T. J.; SINDT, M. H. High-lysine corn as a source of protein and energy for finishing calves. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2228-2235, 1995.
- MAIGA, H. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HENSON, J. E. Ruminal degradation, amino acid composition, and intestinal digestibility of residual components of five protein supplements. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p.1647-1653, 1996.
- MOORE, S.; SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H. Chromatography of amino acid on sulfonated polystyrene resins. **Analytical Chemistry**, v. 30, n.7, p.1185-1190, 1958.
- NOCEK, J.; RUSSELL, J. B. Protein and carbohydrate as integrate system. Relationship of ruminal availability to microbial contribution and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 2070-2079, 1988.
- NORLAN, J. V. Nitrogen kinetics. In: \_\_\_\_\_. **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: CAB International, 1993. p.123-143.
- NRC. National Research Council. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7. ed. Washington: National Academic Press, 1996. 242 p.
- O'CONNOR, J. D.; SNIFFEN, C. J.; FOX, D. G.; CHALUPA, W. A net carbohydrate protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**, v.71, p.1298-1311, 1993.
- ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v. 92, p. 499-503,1979.
- PIEPENBRINK, M. S.; SCHINGOETHE, D. J. Ruminal degradation, amino acid composition, and estimated intestinal digestibilities of four protein supplements. **Journal of Dairy Science**, v. 81, p.454-461, 1998.
- RULQUIN, H. Interest et limits d'un apport de methionine et de lysine dans l'alimentation des vaches laitières. **INRA Production Animals**, v. 5, p. 29, 1992.
- SCHWAB, C. G. Rumen-protected amino acids for dairy cattle: progress towards determining lysine and methionine requirements. **Animal Feed Science and Technology**, v. 59, p. 87-101, 1996.
- SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, v. 30, p.1190-1206, 1963.
- TEIXEIRA, J. C.; HUBER, J. T. Determinação da digestibilidade pós-ruminal da proteína de semente de algodão pela técnica do saco de náilon móvel em vacas leiteiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 295-305, 1989.