

# DEGRADABILIDADE DO AMIDO DE GRÃOS SECOS E ENSILADOS DE HÍBRIDOS DE MILHO COM TEXTURA DURA E DENTADA EM FUNÇÃO DO GRAU DE MOAGEM<sup>1</sup>

WAGNER DOS REIS<sup>2</sup>, CINIRO COSTA<sup>3</sup>, PAULO ROBERTO DE LIMA MEIRELLES<sup>3</sup>, MARINA GABRIELA BERCHIOL DA SILVA<sup>4</sup>, MARCO AURÉLIO FACTOR<sup>4</sup>, CRISTIANO MAGALHÃES PARIZ<sup>4</sup>, SIMONY ALVES MENDONÇA<sup>4</sup>, ERIKELLY ALINE RIBEIRO DE SANTANA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 09/01/08. Aceito para publicação em 22/11/11.

<sup>2</sup>Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista (ESAPP), Caixa postal 88, CEP 19700-000, Paraguaçu Paulista, SP, Brasil. Email: [wagnerreis04@hotmail.com](mailto:wagnerreis04@hotmail.com)

<sup>3</sup>Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, CEP 18.618-000, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>4</sup>Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, FMVZ, UNESP, Caixa postal 560, CEP 18618-000, Botucatu, SP, Brasil.

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a degradabilidade do amido de grãos de milho de textura dura e dentada, ensilados e secos, submetidos a três graus de moagem, por meio da degradação ruminal *in situ*. Foram utilizados três ovinos, fistulados no rúmen, em delineamento inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e dentada), duas formas de conservação (ensilado e seco) e três graus de moagem (moído grosso, médio e fino, correspondendo às peneiras com crivo de 12; 10 e 8 mm). A fração solúvel (A) do amido dos grãos do híbrido de textura dentada na forma ensilada foi maior que a observada em grãos de milho seco e, considerando ambas as formas de conservação, esta fração foi menor para o híbrido de textura dura. Observou-se na fração insolúvel potencialmente degradável (B) situação inversa a estas. A degradação potencial foi maior nos grãos ensilados nas duas texturas. A ensilagem permitiu maior degradação efetiva do amido em relação aos grãos secos nas duas texturas avaliadas e os grãos de textura dentada condicionaram a maior degradabilidade efetiva tanto na forma ensilada quanto de grãos secos. A textura dentada e a ensilagem de grãos como forma de conservação se mostraram a melhor opção considerando a degradabilidade do amido. Independente das formas de conservação, os grãos do híbrido de milho de textura dura devem ser moídos fino, por proporcionar maior degradação ruminal, enquanto que para o híbrido de textura dentada, a moagem média é a mais indicada para ensilagem e a moagem grossa para os grãos secos.

Palavras-chave: degradação ruminal, granulometria, silagem de grãos úmidos, valor nutritivo.

## STARCH DEGRADABILITY OF DRY AND ENSILED HIGH-MOISTURE GRAINS OF CORN HYBRIDS WITH DIFFERENT TEXTURES AT DIFFERENT GRINDING DEGREES

**ABSTRACT:** This research evaluated corn grains with flint and dent texture (ensiled high-moisture or dried), submitted to grinding degrees, using the *in situ* ruminal degradation technique. Three rumen cannulated adult sheeps were used in a complete randomized design, using a factorial outline 2 x 2 x 3, with two corn hybrids (flint and dent texture), two conservation methods (ensiled high-moisture and dry) and three grinding degrees (whole, coarsely and finely ground, corresponding to the sieve of 12; 10 and 8 mm). Starch soluble fraction (A) of the dent hybrid ensiled corn grains was greater comparing to the dry materials and in both conservation forms this fraction was reduced in the flint texture hybrid, while the insoluble fraction potentially degradable (B) the opposite occurred. The degradation potential was higher in grains ensiled in two textures. The ensiled allowed more starch effective degradation in relation to dry grain in two textures and the grains dent texture hybrid also increased such degradation in both conservation methods. The dent texture and the ensiled high-moisture grains proved the best

option considering the starch degradability. Regardless of the conservation forms, the grains of corn hybrid flint texture should be finely ground, for providing higher ruminal degradation, while for the dent texture hybrid, the coarsely and whole grinding are the most suitable for ensiled and dry grain, respectively.

Key words: high moisture grain, nutritive value, particle size, ruminal degradation.

## INTRODUÇÃO

A utilização do amido pelos ruminantes pode ser intensificada mediante o processamento dos grãos de cereais, das raízes e dos tubérculos. A resposta das diferentes fontes de amido ao processamento parece estar relacionada com a interação proteína-amido (McNEILL *et al.*, 1971). Segundo ROONEY e PFLUGFELDER (1986), a interação proteína-amido pode reduzir a suscetibilidade do amido à hidrólise enzimática, sendo os grãos processados ou não.

Diferenças na estrutura dos grânulos de amido afetam a digestibilidade, e seu conhecimento pode indicar o processamento correto dos grãos para melhor eficiência de utilização (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986). Os diferentes métodos de processamentos de grãos de cereais alteram a cinética e os locais de digestão (HUHTANEN e SVEINBJORNSSON, 2006; REYNOLDS, 2006), bem como, o metabolismo do amido (HUNTINGTON, 2006), podendo provocar alterações metabólicas nos animais quando não adaptados. Portanto, tais processamentos devem ser melhores estudados, com predições para análises de amido nos alimentos e amido fecal (ZINN *et al.*, 2007).

A influência dos métodos de processamento de grãos de cereais na digestibilidade do amido tem sido estudada por diversos autores (HERRERA-SALDAÑA *et al.*, 1990), porém os resultados a respeito da melhor granulometria de moagem ainda são controversos. Sabe-se, entretanto, que ocorrem alterações na digestibilidade e na utilização de energia digestível influenciada pelo método de processamento, estágio de maturidade, tipo e variedade de grãos (NRC, 1996). Além disso, independente do método de processamento de grãos de milho e sorgo, tais técnicas expõem os grânulos de amido à digestão (BEAUCHEMIN *et al.*, 2001), facilitando o ataque das enzimas digestivas do animal e da população microbiana ruminal aos grânulos de amido pela redução do tamanho de partículas, ou agindo no endosperma solubilizando ou desnaturando a proteína geleificada que solidifica estes grânulos, melhorando a utilização do amido (THEURER, 1986; OWENS *et al.*, 1986; KOTARSKY *et al.*, 1992).

Estudos histológicos com grãos rehidratados (HALE, 1973) e com silagem de grãos úmidos de milho (LOPES *et al.*, 2001) revelaram que a ruptura da matriz protéica que envolve o amido pode ser essencial para melhor digestão dos grãos de cereais. De forma complementar, McNEILL *et al.* (1975) sugeriram que o efeito do processamento sobre a solubilidade ou integridade da matriz protéica afeta a eficiência de utilização do amido.

É certo que durante o processamento a matriz proteica do endosperma é rompida, permitindo o acesso mais fácil das enzimas aos grânulos de amido. Entretanto, de acordo com muitas pesquisas há diferenças entre os diversos tipos de grãos quanto à digestibilidade do amido e proteína, efeitos do processamento e resultados no desempenho animal (ØRSKOV, 1986; OWENS *et al.*, 1986; THEURER, 1986; STREETER *et al.*, 1990; OWENS *et al.*, 1997).

A textura do grão, ou seja, a vitreosidade é outra variável relevante a ser observada na escolha de genótipos utilizados para alimentação de ruminantes, uma vez que características relacionadas ao endosperma do grão do milho afetam a degradabilidade do amido no rúmen (CORONA *et al.*, 2006). Os grãos dentados ("dent") apresentam grânulos de amido densamente arranjados nas laterais dos grãos, e grânulos de amido menos densamente dispostos na parte central. Os grãos duros ou cristalinos ("flint") são caracterizados pela reduzida proporção de endosperma amiláceo em seu interior sendo a parte dura ou cristalina a predominante.

LOPES *et al.* (1999) avaliando o uso da silagem de grãos úmidos de milho, relataram melhor digestibilidade deste alimento, quando comparado com os grãos secos de milho, sugerindo ser este fato consequência do processo fermentativo no silo, ocorrendo eventual geleificação parcial do amido, resultando em maior eficiência da ação enzimática sobre as partículas úmidas do milho.

LIMA *et al.* (1998) concluíram que a fermentação anaeróbia, ocorrida durante o processamento da

silagem de grãos úmidos de milho, propicia um produto com maior disponibilidade de energia do que os grãos secos.

O trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos do grau de moagem (moído grosso, médio e fino) e duas formas de conservação (silagem e seco) de híbridos de milho de textura dura e dentada, sobre a degradabilidade do amido.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Ensino, Pesquisa e Produção da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP – Campus de Botucatu, com a etapa de degradabilidade conduzida no setor da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP - Campus de Jaboticabal.

Foram utilizados três ovinos, fistulados no rúmen, em delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (AG 4051 - textura dentada e BAYER 3663 – textura dura), duas formas de conservação (grãos secos e grãos ensilados, com teores de umidade de 13 e 28%, respectivamente) e três graus de moagem (moído grosso, médio e fino, correspondendo às peneiras de crivo de 12; 10 e 8 mm, respectivamente).

A colheita dos grãos úmidos foi efetuada na fase de maturação fisiológica, ocasião em que os grãos apresentaram 72% de matéria seca (MS), o que na prática representa o surgimento da camada preta na base

dos grãos. Em seguida os grãos foram moídos utilizando-se o equipamento destinado ao enchimento de silos tipo “bag” (BOELTER, modelo OB 20). Para a moagem dos grãos secos de milho, acoplaram-se a um desintegrador as peneiras obtendo-se granulometrias diferenciadas para compor os tratamentos.

Depois de moídos, os grãos úmidos foram acondicionados em baldes de PVC (20 cm de diâmetro com 40 cm de altura) com capacidade para aproximadamente 22 kg, sendo devidamente vedados e armazenados por um período de 45 dias.

Foram utilizados três ovinos, providos de cânulas no rúmen. Antes do início da fase experimental, os animais passaram por um período de 15 dias de adaptação às dietas, com 10 dias para a coleta do material, totalizando 25 dias de período experimental.

Os animais receberam dieta composta de volumoso e concentrado na relação de 40:60 na matéria seca (MS). Utilizou-se feno de coastcross-1 (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) como volumoso, que era triturado no momento do fornecimento (com média de 86% de MS) e farelo de canola como concentrado. O alimento foi fornecido duas vezes ao dia (7 e 17 horas) na quantidade equivalente a 2% do peso vivo em MS. A composição química e bromatológica destes alimentos e dos ingredientes utilizados na formulação dos tratamentos para o ensaio de degradabilidade foi determinada segundo metodologias descritas por SILVA (1991) (Tabelas 1 e 2, respectivamente). Nos tratamentos no qual o milho foi ensilado, as amostragens foram realizadas no momento da abertura dos silos.

**Tabela 1. Composição bromatológica dos alimentos correspondente a porcentagem do ingrediente na matéria seca da dieta total**

C	% na dieta	PB	NDT	FDN	Ca	P
% na matéria seca						
Feno de Coast cross	40	9,0	50,4	69,5	0,45	0,27
Farelo de Canola	60	38,0	63,0	24,5	0,63	1,08

Foi utilizada a técnica de degradação ruminal *in situ* proposta por ØRSKOV e McDONALD (1979), utilizando-se sacos de nylon, 100% poliamida, medindo 14 x 7 cm, com poros de 50 micras. Os tempos de incubação foram de 3; 6; 12; 24 e 48 horas, sendo que os sacos correspondentes a cada horário foram inseridos no rúmen, imediatamente após as refeições, de tal forma que os sacos relativos ao horário subsequente

foram inseridos depois de decorrido todo o período do primeiro. As amostras correspondentes ao tempo zero foram colocadas em banho-maria, com agitação e temperatura de 39° C durante uma hora e depois lavadas.

Transcorrido o tempo de permanência dos sacos

**Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados na formulação dos tratamentos e no ensaio de degradabilidade**

Ingredientes	Parâmetros				
	MS	PB	EE	NDT	FDN
SMM – 12mm	73,28	10,70	7,26	83,22	15,80
SMM – 10mm	74,16	11,26	6,53	83,12	15,52
SMM - 8mm	73,29	11,12	6,82	82,59	15,50
SMD – 12mm	76,49	11,21	9,27	83,13	15,90
SMD – 10mm	76,64	11,31	7,93	84,60	15,00
SMD – 8mm	76,98	11,07	8,84	83,50	15,60
GMD – 12mm	73,00	11,89	9,37	84,03	16,55
GMD – 10mm	73,46	11,83	7,52	82,76	16,30
GMD – 8mm	79,44	11,33	9,86	83,78	16,58
GMM – 12mm	78,77	10,48	7,02	83,03	16,42
GMM – 10mm	78,38	10,58	6,63	82,02	16,76
GMM – 8mm	70,95	10,76	6,99	83,49	16,51

SMM 12 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMM 10 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMM 8 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; SMD 12 mm = Silagem de grãos de milho duro, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMD 10 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMD 8 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; GMD 12 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 12 mm; GMD 10 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 10 mm; GMD 8 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 8 mm; GMM 12 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 12 mm; GMM 10 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 10 mm; GMM 8 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 8 mm.

no rúmen, estes foram mergulhados por 30 minutos em água com gelo para interrupção da atividade microbiana e lavados em água fria corrente para retirada de conteúdo ruminal. Em seguida, foram lavados em máquina tipo tanquinho com renovação de água, sendo o tempo (5 minutos para cada) e o número de batidas (5) padronizadas para todas as lavagens. Após esta etapa, os sacos contendo os resíduos não degradados no rúmen foram secos em estufa com circulação e renovação de ar a temperatura de 55° C por um período de 72 horas. Os resíduos foram pesados após estarem secos e em equilíbrio com a temperatura ambiente.

Do resíduo remanescente nos sacos após a incubação ruminal foram obtidos os teores de amido segundo POORE *et al.*, (1989).

As porcentagens de desaparecimento do amido por tempo de incubação foram calculadas pela proporção do resíduo nos sacos após a incubação ruminal.

Para avaliação da degradação potencial das frações foi utilizado o modelo  $p = a + b(1 - e^{-kdt})$ , onde  $p$  é a degradação potencial do componente nutritivo, em

porcentagem; a variável  $a$  corresponde à fração solúvel, em porcentagem;  $b$  é a fração insolúvel potencialmente degradável, em porcentagem;  $a + b$  representa o potencial de digestão do componente nutritivo;  $kd$  é a taxa de digestão por ação fermentativa, em porcentagem por hora; e  $t$  é o tempo de incubação, em horas (ØRSKOV e MCDONALD, 1979).

A degradabilidade efetiva foi estimada a partir do modelo  $P_{De} = a + b \left[ \frac{kd}{kd + kp} \right]$  proposto por McDONALD (1981), onde  $P_{De}$  corresponde à degradabilidade efetiva, em porcentagem;  $a$ ,  $b$  e  $kd$  as mesmas constantes da equação anteriormente descrita;  $kp$  = taxa de passagem das frações nutritivas por hora.

Os resultados foram submetidos à análise através do programa SAEG (1983), de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  = representa a observação  $l$  com média geral  $\mu$  da forma de conservação  $i$ , na textura  $j$  com granulometria  $k$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação no tamanho das partículas do milho quando submetido aos três graus de moagem confirmam os dados obtidos por ZANOTTO e BELLAVER (1996) (Tabela 3). Na forma de grãos secos, o processo de

moagem proporcionou maior padronização da granulometria. Para os grãos de milho com textura dura, visualmente obteve-se diâmetro geométrico médio (DGM) mais uniforme. Os grãos secos apresentaram melhor fluxo pelo desintegrador, permitindo moagem mais eficiente. Porém, nos grãos de milho com textura dentada e nos grãos ensilados as variações de granulometria ficaram dentro de um limite aceitável para as comparações. Devido à maior umidade no momento da moagem, houve dificuldade em se utilizar as diferentes peneiras com o material ensilado, razão pela qual se optou por utilizar o equipamento para enchimento de silos tipo bag.

**Tabela 3. Diâmetro geométrico médio (DGM) dos grãos de híbridos de milho com textura dentada e dura, antes da ensilagem e de grãos secos, submetidos à moagem**

	DGM ( $\mu$ m)
SMM - 12mm	771,82
SMM - 10mm	648,43
SMM - 8mm	594,12
SMD - 12mm	1064,38
SMD - 10mm	681,61
SMD - 8mm	368,13
GMD - 12mm	502,71
GMD - 10mm	385,95
GMD - 8mm	329,24
GMM - 12mm	623,01
GMM - 10mm	439,74
GMM - 8mm	268,07

SMM 12 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMM 10 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMM 8 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; SMD 12 mm = Silagem de grãos de milho duro, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMD 10 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMD 8 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; GMD 12 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 12 mm; GMD 10 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 10 mm; GMD 8 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 8 mm; GMM 12 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 12 mm; GMM 10 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 10 mm; GMM 8 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 8 mm.

A degradabilidade da fração solúvel (A) do amido de grãos ensilados foi superior em 73,6% em relação aos grãos secos, considerando a textura dentada (SMM) (Tabela 4). Assim, o processo de ensilagem facilitou a ação dos microorganismos ruminais sobre ambos os híbridos, o que pode ser atribuído à ação dos ácidos orgânicos que são produzidos durante o processo fermentativo no silo (STOCK *et al.*, 1991). Verificaram-se também diferenças de degradabilidade da fração solúvel (A) quanto à granulometria adotada. Em todos os tratamentos, a moagem mais grosseira reduziu tal atributo e apenas na SMM a moagem média a elevou em relação à moagem fina, possivelmente pela menor taxa de passagem do grão dentado, pro-

porcionando maior tempo para ação dos microorganismos ruminais.

A degradabilidade da fração solúvel (A) de amido de grãos ensilados e secos de textura dentada foi superior em 325,1 e 182,0%, respectivamente, em relação à textura dura (Tabela 4). Isto reforça a hipótese de que a textura dentada dos grãos de milho permite maior ação dos microorganismos ruminais em relação aos grãos de textura dura. Híbridos de textura dura nos quais predominam endospermas de alta vitreosidade podem apresentar acentuada redução na degradabilidade ruminal em relação à híbridos de textura dentada (PEREIRA *et al.*, 2004), o que foi verificado no presente estudo.

As formas de conservação de grãos duros de milho não influenciaram a fração insolúvel potencialmente degradável (B), enquanto que os grãos de textura dentada apresentaram maior degradabilidade desta fração na forma de grão seco (GMM) em relação à ensilagem (SMM) (Tabela 4). Ao contrário da fração solúvel (A), independente da forma de conservação, o híbrido de grão de textura dura de milho apresentou maior degradabilidade da fração B em relação ao híbrido de textura dentada. A granulometria também não influenciou tal fração em ambas as formas de conservação do híbrido de textura dura, enquanto que a granulometria grossa (12 mm) na forma de silagem de grãos úmidos e as granulometrias média (10 mm) e fina (8 mm) na forma de grãos secos do híbrido de textura dentada elevaram a degradabilidade desta fração. A fração não degradável (C) e a taxa de fermentação (kd) não foram influenciadas pelos tratamentos.

O híbrido de textura dentada apresentou 69,31 e 51,38% de degradabilidade efetiva (DE) na forma de silagem (SMM) e grãos secos (GMM), respectivamente, o que representa 34,9% de superioridade na DE do amido do grão na forma de silagem em relação ao grão seco (Tabela 5). Tais diferenças também foram verificadas no híbrido de textura dura, com valores de 51,84 e 42,36% para grãos na forma de silagem (SMM) e grãos secos (GMM), respectivamente, representando valor 22,38% superior do primeiro em relação ao segundo. Porém, independente da forma de conservação, o híbrido de textura dentada apresentou maior DE em relação ao híbrido de textura dura. Tal fato demonstra que o grão com textura dentada permite melhor ação das enzimas digestivas em relação aos de textura dura, o que pode ser explicado pelo rompimento da estrutura cristalina dos grânulos, aumentando a sua solubilidade e tornando-os mais acessíveis à degradação, estando de acordo com NOCEK (1987). Portanto, a textura do grão tem papel principal na degradação do amido (PHILIPPEAU e MICHALET-DOREAU, 1997). Apenas a ensilagem de grãos de textura dentada superou tal porcentagem, independente do grau de moagem. MARTINS *et al.*, (1999) e ZEOULA *et al.*, (1999) atribuíram a baixa DE à presença da matriz protéica ao redor do grânulo de amido, o que dificulta a ação das enzimas digestivas, e que é mais significativa nos grãos de sorgo e milho do que em outros grãos de cereais. No presente estudo, a ensilagem de grãos de textura dentada demonstrou ser a melhor combinação para elevar este atributo.

Os métodos de processamento como a floculação

e a ensilagem de grãos úmidos aumentam a digestibilidade ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo, entretanto, a cevada, o trigo e a aveia não se beneficiam tanto com o processamento, por naturalmente apresentarem valores elevados de digestibilidade ruminal (Huntington, 1997). Entre as granulometrias avaliadas, o milho com textura dentada moído médio (10 mm) e ensilado apresentou maior degradabilidade efetiva (DE) do amido (77,52%) (Tabela 5). Nesta mesma textura (dentada) para grão seco, a moagem grossa (12 mm) propiciou maior DE (58,60%), enquanto que a mesma moagem do híbrido duro na forma de grão seco reduziu tal degradabilidade. Tais resultados demonstram interação da textura, forma de conservação e granulometria na DE, como por exemplo, para textura dentada > silagem > grão médio > DE; textura dentada > grão seco > moagem grossa > DE. Novamente esse incremento na degradabilidade seria explicado pela separação dos grânulos de amido da matriz protéica, expondo-os ao ataque dos microorganismos do rúmen, aliado ao processo de ensilagem (MORON *et al.*, 2000).

A ensilagem de ambos os híbridos elevou a degradabilidade potencial (DP) em relação à forma de grão seco (Tabela 5). A moagem grossa (12 mm) reduziu tal degradabilidade apenas na forma de grão seco do híbrido de textura dura (GMD). A ensilagem dos grãos de milho permitiu maior DP e DE do amido em relação aos grãos secos de milho, confirmando que a ensilagem dos grãos de milho e sorgo expõe os grânulos de amido à digestão (BEAUCHEMIN *et al.*, 2001). Com esta forma de armazenamento, as fissuras formadas nos grãos facilita o ataque das enzimas e da população microbiana (KOTARSKY *et al.*, 1992), melhorando a utilização do amido (THEURER, 1986).

Com a elevação do tempo (horas) de permanência no rúmen, ocorre maior desaparecimento do amido dos grãos de milho (Tabela 6). Porém, nas primeiras 6 horas de permanência do rúmen, em ambas as formas de conservação o híbrido de textura dentada apresenta maior degradabilidade do amido que o híbrido de textura dura. Independente do grau de moagem constata-se maior desaparecimento do amido para a silagem de grãos de milho de textura dentada (SMM) com valor estimado de 39,96% nas primeiras três horas de permanência no rúmen, enquanto que a silagem de grãos de milho de textura dura (SMD) apresentou apenas o valor estimado de 15,26% neste mesmo período. Tais resultados demonstram os benefícios do efeito sinérgico da ensilagem dos grãos de milho de textura dentada na degradabilidade do amido.

**Tabela 4. Percentagens das frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), não degradável (C) e taxa de fermentação (kd) para as taxas de passagem de 5%/h do amido dos grãos de híbridos de milho com textura dentada e dura submetidos a formas de conservação e graus de moagem**

Fração A												
DENTADO						DURO						
27,18			Grão seco (GMM)			10,76			Grão seco (GMD)			
Silagem (SMM)			Grão seco (GMM)			Silagem (SMD)			Grão seco (GMD)			
34,49 aA			19,87 bA			10,61 aB			10,92 aB			
12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	
12,18 c	51,01 a	40,28 b	10,31 c	11,48 b	15,42 a	8,55 c	11,09 b	12,19 a	3,97 c	12,41 b	16,39 a	
Fração B												
DENTADO						DURO						
67,85			Grão seco (GMM)			78,86			Grão seco (GMD)			
Silagem (SMM)			Grão seco (GMM)			Silagem (SMD)			Grão seco (GMD)			
61,59 bB			74,12 aB			78,58 aA			79,14 aA			
12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	
82,69 a	46,40 b	55,69 b	62,38 b	81,15 a	78,84 a	80,11 a	78,63 a	77,00 a	82,19 a	80,88 a	74,34 a	
Fração C												
DENTADO						DURO						
4,95			Grão seco (GMM)			10,35			Grão seco (GMD)			
Silagem (SMM)			Grão seco (GMM)			Silagem (SMD)			Grão seco (GMD)			
3,91			6,00			10,78			9,92			
12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	
5,13	2,58	4,03	5,91	6,37	5,74	11,34	10,27	10,74	13,83	6,70	9,23	
Taxa de fermentação (Kd)												
DENTADO						DURO						
5,12			Grão seco (GMM)			4,66			Grão seco (GMD)			
Silagem (SMM)			Grão seco (GMM)			Silagem (SMD)			Grão seco (GMD)			
6,50			3,73			5,75			3,56			
12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	
7,60	6,73	5,16	3,79	4,23	3,17	5,66	5,13	6,47	2,72	3,69	4,28	

Valores nas linhas seguidos de letras minúsculas diferentes para formas de conservação dentro de cada textura diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Valores nas linhas seguidos de letras maiúsculas diferentes para uma mesma forma de conservação entre textura diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Valores nas linhas seguidos de letras minúsculas diferentes para os graus de moagens dentro de cada interação textura x forma de conservação diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

SMM 12 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMM 10 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMM 8 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; SMD 12 mm = Silagem de grãos de milho duro, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMD 10 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMD 8 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; GMD 12 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 12 mm; GMD 10 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 10 mm; GMD 8 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 8 mm; GMM 12 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 12 mm; GMM 10 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 10 mm; GMM 8 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 8 mm.

**Tabela 5. Percentagens da degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) para as taxas de passagem de 5%/h do amido dos grãos de híbridos de milho com textura dentada e dura submetidos a formas de conservação e graus de moagem**

DP												
DENTADO						DURO						
Silagem (SMM)			Grão (GMM)			Silagem (SMD)			Grão (GMD)			
93,02 a			82,62 b			82,93 a			74,27 b			
12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	
92,51 a	95,41 a	91,15 a	84,87 a	86,11 a	76,88 a	81,69 a	81,72 a	85,39 a	62,70 b	79,40 a	80,69 a	

  

DE												
DENTADO						DURO						
Silagem (SMM)			Grão (GMM)			Silagem (SMD)			Grão (GMD)			
69,31 aA			51,38 bA			51,84 aB			42,36 bB			
12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	12mm	10mm	8mm	
61,91 b	77,52 a	68,51 b	57,60 a	49,60 b	45,96 b	50,07 a	50,11 a	55,32 a	29,81 b	46,75 a	50,51 a	

Valores nas linhas seguidos de letras minúsculas diferentes para formas de conservação dentro de cada textura diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Valores nas linhas seguidos de letras maiúsculas diferentes para uma mesma forma de conservação entre textura diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Valores nas linhas seguidos de letras minúsculas diferentes para os graus de moagens dentro de cada interação textura x forma de conservação diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

SMM 12 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMM 10 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMM 8 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; SMD 12 mm = Silagem de grãos de milho duro, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMD 10 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMD 8 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; GMD 12 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 12 mm; GMD 10 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 10 mm; GMD 8 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 8 mm; GMM 12 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 12 mm; GMM 10 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 10 mm; GMM 8 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 8 mm.

**Tabela 6. Desaparecimento do amido (DA) dos grãos de híbridos de milho com textura dentada e dura submetidos a formas de conservação e moagem**

Tratam.	Tempos de permanência no rúmen (h)					Equação	R <sup>2</sup>
	3	6	12	24	48		
Silagem de grãos de milho textura dura							
SMD 12mm	9,6	19,7	44,8	73,6	88,6		
SMD 10mm	17,1	33,7	50,8	76,9	87,6		
SMD 8mm	11,8	36,3	52,4	81,0	89,5		
Média	12,8	29,9	49,3	77,2	88,6	DA (%) = 2,093 + 4,56 horas – 0,057 horas <sup>2</sup>	0,9759
Grão de milho textura dura							
GMD 12mm	15,8	18,4	43,7	62,4	88,4		
GMD 10mm	18,2	24,7	45,3	71,7	92,8		
GMD 8mm	22,9	31,2	54,6	72,9	90,7		
Média	18,9	24,8	47,9	69,0	90,6	DA (%) = 8,086 + 3,48 horas – 0,037 horas <sup>2</sup>	0,9712
Silagem de grãos de milho textura dentada							
SMM 12mm	21,6	54,1	45,8	92,4	95,2		
SMM 10mm	43,9	62,4	55,3	92,3	97,2		
SMM 8mm	43,8	63,3	57,0	90,0	95,4		
Média	36,4	59,9	52,7	91,6	95,9	DA (%) = 30,34 + 3,33 horas – 0,041 horas <sup>2</sup>	0,8385
Grão de milho textura dentada							
GMM 12mm	28,0	43,7	43,8	77,6	93,6		
GMM 10mm	18,8	37,7	38,1	77,9	93,4		
GMM 8mm	25,1	38,8	47,5	75,2	93,8		
Média	23,9	40,1	43,1	76,9	93,6	DA (%) = 16,26 + 3,19 horas – 0,033 horas <sup>2</sup>	0,9616

SMM 12 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMM 10 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMM 8 mm = Silagem de grão de milho dentado, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; SMD 12 mm = Silagem de grãos de milho duro, moído com peneira 12 mm antes da ensilagem; SMD 10 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 10 mm antes da ensilagem; SMD 8 mm = Silagem de grão de milho duro, moído com peneira 8 mm antes da ensilagem; GMD 12 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 12 mm; GMD 10 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 10 mm; GMD 8 mm = Grão de milho seco de textura dura moído com peneira 8 mm; GMM 12 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 12 mm; GMM 10 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 10 mm; GMM 8 mm = Grão de milho seco de textura dentada moído com peneira 8 mm.

## CONCLUSÕES

A utilização de grãos de milho de textura dentada e a ensilagem dos grãos como forma de conservação se mostrou a melhor opção para alimentação de ruminantes, por apresentar maior degradabilidade do amido.

Independente das formas de conservação, os grãos do híbrido de milho de textura dura devem ser moídos fino (8 mm), por proporcionar maior degradação ruminal, enquanto que para o híbrido de textura dentada, a moagem média (10 mm) é a mais indicada para ensilagem e a moagem grossa (12 mm) para os grãos secos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEAUCHEMIN, K. A.; YANG, W. Z.; RODE, L. M. Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 79, n. 7, p. 1925-1934, 2001.
- CORONA, L.; OWENS, F. N.; ZINN, R. A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 11, p. 3020-3031, 2006.
- HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 4, p. 1075-1083, 1973.

- HERRERA-SALDAÑA, R. et al. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 1, p. 142-151, 1990.
- HUHTANEN, P.; SVEINBJÖRNSSON, J. Evaluation of methods for estimating starch digestibility and digestion kinetics in ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 130, n. 1-2, p. 95-113, 2006.
- HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 3, p. 852-867, 1997.
- HUNTINGTON, G. B.; HARMON, D. L.; RICHARDS, C. J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, E Suppl, p. E14-E24, 2006.
- KOTARSKI, K. K.; WANISHA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 122, n. 1, p. 178-190, 1992.
- LIMA, G. J. M. M. de.; SOUZA, O. W. de.; BELLAYER, C. Determinação da composição química e do valor energético de silagem de grão de milho para suínos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO: Globalização e segurança alimentar, 22., 1998, Recife. **Anais**. . . Recife: ABMS, 1998. p. 125-127.
- LOPES, A. B. R. et al. Silagem de grãos úmidos de milho para suínos na fase inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 26., 1999, Porto Alegre. **Anais**. . . Porto Alegre: SBZ, 1999. p. 124.
- LOPES, A. B. R. C. et al. Silagem de grãos úmidos de milho para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 58, n. 2, p. 191-200, 2001.
- McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 96, n. 1, p. 251-52, 1981.
- McNEIL, J. W.; POTTER, G. D.; RIGGS, J. K. Ruminal and post-ruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, n. 6, p. 1371-1374, 1971.
- McNEILL, J. W. et al. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 40, n. 2, p. 335-341, 1975.
- MARTINS, A. S. et al. Degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e proteína bruta das silagens de milho e sorgo e de alguns alimentos concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 1109-1117, 1999.
- MORON, I. R. et al. Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 208-212, 2000.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrients Requirement of Beef Cattle**. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. 240p.
- NOCEK, J. E. Evaluation of specific variables affecting "in situ" estimates of ruminal dry matter and protein digestion. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 60, n. 5, p. 1347-1358, 1987.
- ORSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1624-1633, 1986.
- ORSKOV, E. R.; McDONALD, L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, Toronto, v. 92, n. 2, p. 499-503, 1979.
- OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1634-1648, 1986.
- OWENS, F. N. et al. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a Review. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 1, p. 868-879, 1997.
- PEREIRA, M. N. et al. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 358-363, 2004.
- PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 68, n. 1-2, p. 25-35, 1997.
- POORE, M. H. et al. Total starch and relative starch availability of feed grains. In: BIENNIAL CONFERENCE ON RUMEN FUNCTION, 20., 1989, Chicago. **Proceedings**...Chicago, 1989. (CD-ROM).
- REYNOLDS, C. K. : Production and metabolic effects of site of starch digestion in dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 130, n. 1-2, p. 78-94, 2006.
- ROONEY, W. L.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum

and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1607-1623, 1986.

**SAEG: Sistema para análise estatística e genética.** Viçosa: UFV, 1983. 68p.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos:** Métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1991. 176p.

STOCK, R. A. et al. High-moisture corn utilization in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 4, p. 1645-1656, 1991.

STREETER, M. N. et al. Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 1, p. 3429-3440, 1990.

THEURER, C. B. . Grain processing effects on starch

utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 1649-1662, 1986.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves.** Concórdia: EMBRAPA – Suíno e Aves, 1996. p. 1-5. (Comunicado Técnico, 215).

ZEOULA, M. L.; MARTINS, A. S.; PRADO, I. N. Solubilidade e degradabilidade ruminal do amido de diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 898-905, 1999.

ZINN, R. A. et al. Starch digestion by feedlot cattle: Predictions from analysis of feed and fecal starch and nitrogen. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 7, p. 1727-1730, 2007.