

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DEGRADABILIDADE DE GRÃOS SECOS E ENSILADOS DE HÍBRIDOS DE
MILHO SUBMETIDOS A FORMAS DE PROCESSAMENTO**

WAGNER DOS REIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho – 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**DEGRADABILIDADE DE GRÃOS SECOS E ENSILADOS DE HÍBRIDOS DE
MILHO SUBMETIDOS A FORMAS DE PROCESSAMENTO**

WAGNER DOS REIS
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Ciniro Costa

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor.

BOTUCATU - SP
Julho - 2006

À DEUS
PELA SUA GRANDEZA E SABEDORIA

*Mas onde se achará a sabedoria?
A sabedoria vem de Deus....
Eis que o temor do Senhor é a sabedoria;
Ensina-nos a contar os nossos dias, para que
Alcancemos coração sábio.
Jó 28: 12, 23 e 28; Salmos 90: 12*

À minha esposa Célia, que soube entender minhas ausências, pela
compreensão e amor...

Às minhas pequenas jóias Karen e Karine, presentes de Deus para
nossas vidas...

Aos meus pais José Reis e Irene, pelo incentivo, apoio e carinho...

Aos meus sogros Vicente e Maria Ruiz, pela colaboração e
carinho...

AGRADECIMENTOS

Em especial ao Prof. Dr. Ciniro Costa, pelos ensinamentos seguros, pelo constante apoio e pela inabalável e preciosa amizade.

Ao grande amigo Paulo Roberto de Lima Meirelles, que sem dúvida, muito contribuiu para a realização deste trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Antonio Carlos Silveira, Celso Pezzato, Edson Ramos de Siqueira, Luiz Edvaldo Pezzato, José Roberto Sartori, Mário De Beni Arrigoni e Margarida Maria Barros de Lima.

Ao Prof. Dr. Heraldo César Gonçalves, pela amizade e orientação na execução das análises estatísticas.

À Dra. Rosemary Laís Galati (FCAV/UNESP – Jaboticabal) pelos valiosos ensinamentos, sugestões e amizade.

À Professora Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel (FCAV/UNESP – Jaboticabal), que prontamente cedeu instalações e apoio para realização do ensaio de degradabilidade.

Aos funcionários Renato Monteiro da Silva Diniz e Maria Conceição Tenore do Carmo e Elaine Cristina Nunes Fagundes Costa do Laboratório de Nutrição da UNESP de Botucatu, pela colaboração nas análises.

À amiga Kátia de Oliveira, pela execução das análises de amido.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (Posto de Serviço – Lageado), Carmem

Sílvia de Oliveira Polo e Seila Cristina Cassineli Vieira pela atenção e auxílios prestados.

Ao Sr. Mário Munhoz, da Fazenda de Ensino Pesquisa e Produção da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, pela colaboração na produção e colheita dos genótipos de milho.

Ao Sr. Dejair Buzzoli, funcionário da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da UNESP – Jaboticabal, pela constante cooperação e grande dedicação no manejo com os animais fistulados.

Aos colegas do Curso de Pós - Graduação pela convivência harmoniosa e amizades compartilhadas durante o curso.

Ao aluno de graduação em Zootecnia da ESAPP – Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista; Roberto Murilo da Costa Medeiros Júnior, pela amizade e grande apoio na condução do experimento.

À ESAPP, em especial na pessoa do Diretor e Prof. Dr. José Carlos Pires pelo incentivo e colaboração na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	01
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	01
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
CAPÍTULO 2. DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA E PROTEÍNA BRUTA DO GRÃO SECO E ENSILADO DE DOIS HÍBRIDOS DE MILHO (<i>Zea mays</i>), TEXTURA DURA E MOLE, SUBMETIDOS A TRÊS FORMAS DE PROCESSAMENTO.....	15
Resumo.....	16
Abstract.....	17
Introdução.....	18
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão.....	25
Conclusões.....	31
Referências.....	32
Tabelas e Figuras.....	37
CAPÍTULO 3. DEGRADABILIDADE DO AMIDO DO GRÃO SECO E ENSILADO DE DOIS HÍBRIDOS DE MILHO (<i>Zea mays</i>), TEXTURA DURA E MOLE, SUBMETIDOS A TRÊS FORMAS DE PROCESSAMENTO.....	45
Resumo.....	46
Abstract.....	47
Introdução.....	48
Material e Métodos.....	50
Resultados e Discussão.....	53
Conclusões.....	56
Referências.....	58
Tabelas e Figuras.....	63
CAPÍTULO 4. IMPLICAÇÕES.....	68

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os problemas decorrentes da estacionalidade de produção de forragem no Brasil central podem ser minimizados pelo armazenamento do alimento na forma de silagem.

A ensilagem de grãos úmidos vem se destacando como a forma mais eficiente de conservação de grãos de cereais para a alimentação animal, pelo menor custo e melhor valor nutritivo. Para tanto, é necessário que os grãos sejam moídos ou esmagados, para facilitar a compactação no interior do silo, o que demanda gasto de energia e rendimento no processamento (REIS et al., 2001).

A degradação ruminal dos alimentos tem sido considerada fundamental para se avaliar a quantidade de nutrientes disponível para os microrganismos do rúmen e de nutrientes que chega ao intestino (MEHREZ, ØRSKOV, 1977; BARBOSA et al., 1998). A degradabilidade ruminal *in situ* baseia-se na colocação de uma pequena quantidade do alimento teste em uma bolsa porosa não degradável e sua subsequente inserção (ou incubação) no conteúdo ruminal de animais canulados no rúmen. A bolsa é removida em tempos definidos para se observar o desaparecimento de seu conteúdo e para posterior análise (MEHREZ, ØRSKOV, 1977; NOCEK, 1988; HUNTINGTON, GIVENS, 1995).

Processamento de grãos para alimentação animal

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, POTTER, e RIGGS, 1971). Segundo ROONEY e

PFLUGFELDER (1986), a interação proteína-amido pode reduzir a suscetibilidade do amido, processado ou não, à hidrólise enzimática.

Na alimentação de bovinos, quando o volumoso é acrescido de grãos que tenham sofrido processamento físico e/ou químico, ocorrem interações benéficas ou não entre as partes, denominadas efeito associativo dos alimentos. Assim, os processos de moagem, quebra, laminação e floculação influenciam significativamente na quantidade e no local onde os grãos de cereais serão digeridos, fato que é capaz de alterar a eficiência da utilização da energia proveniente do amido (MELLO Jr., 1991). O mesmo autor destacou que os carboidratos nas dietas dos ruminantes podem ser digeridos enzimaticamente no rúmen e intestino grosso, pelas enzimas microbianas e, no intestino delgado, pelas enzimas pancreáticas e intestinais. Entretanto, o rúmen é o local principal de digestão do amido com produção de ácidos graxos voláteis e proteína microbiana (THEURER, 1986).

O processamento de grãos de milho ou de sorgo, através da floculação, promove alterações químicas e físicas nas moléculas de amido, facilitando a digestão por parte das enzimas amilolíticas dos microorganismos e/ou pancreáticas, resultando em um significativo aumento na degradação do amido, tanto no rúmen quanto no trato digestivo total (HUNTINGTON, 1997).

Segundo OWENS et al., (1986), o processamento aumenta o acesso aos grânulos de amido pela redução do tamanho da partícula ou agindo no endosperma para solubilizar ou desnaturar a proteína gelatinizada que solidifica estes grânulos.

A maior parte das pesquisas com animais tem sido conduzida com grãos de sorgo e milho, e o processamento destes parece melhorar a utilização em relação aos da cevada ou trigo (HALE, 1973).

Conforme Waldo (1973); Sowe (1982) e Theurer (1984), citados por THEURER (1986), a digestibilidade no trato digestivo total e no rúmen varia com o tipo de grão e com a fração analisada, proteína ou amido.

De acordo com ØRSKOV (1986); OWENS et al., (1986); THEURER (1986); STREETER et al., (1990) e OWENS et al., (1997), existem diferenças entre os diversos tipos de grãos quanto à digestibilidade do amido e proteína, efeitos do processamento e resultados no desempenho.

A espécie, o tipo de grão e o método de processamento afetam o local e a extensão da digestão do amido nos ruminantes, sendo que os valores entre 18 a 42% do amido da dieta de grãos de sorgo e milho entram para o intestino delgado e deste 47 a 88 % pode ser digerido. Outros fatores como o tempo e a superfície de exposição podem limitar esta digestão. Dessa forma, processos que reduzem o tamanho da partícula ou alteram a matriz protéica que cimentam os grânulos de amido, aumentam a extensão da digestão no rúmen e intestino delgado (OWENS et al., 1997).

Agentes mecânicos como moagem, trituração, laminação a seco, agentes térmicos como calor na extrusão e floculação e agentes químicos como ácidos ou álcalis podem induzir a gelatinização do amido, tornando-o mais digestível que o natural (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Segundo OWENS et al., (1986) o aumento progressivo do processamento do milho: quebra, esmagamento, moagem, ensilagem e floculação favoreceram a digestão ruminal de amido em 17; 22; 32; 46 e 40,6% respectivamente em relação a milho inteiro, o que reduziu o fluxo para o intestino delgado. Também, em alguns casos, reduziu a porcentagem do amido ingerido que estava disponível para digestão no intestino delgado em 30,2% no milho quebrado; 19,7% no amassado e 15,8% no moído.

De acordo com OWENS et al., (1997), o processamento tem como objetivo aumentar a disponibilidade do amido e, conseqüentemente, da energia para o animal, melhorando aspectos de manejo e performance animal.

De acordo com Thorne et al., Dreher et al., e Hahn et al., citados por ROONEY e PFLUGFELDER, (1986), os grânulos de amido podem ainda, quando gelatinizados, formar complexo com lipídios, o que restringe sua utilização, assim como a presença de fatores anti-nutricionais como tanino, fitatos, lecitinas e outros inibidores de enzimas.

Diversas pesquisas mostram que o grão de sorgo deve ser processado mais intensamente que milho, cevada ou trigo, pois possuem valor nutricional menor, com digestibilidade de proteína mais baixa (devido à estrutura da matriz protéica). Apresenta endosperma periférico mais denso, duro, resistente à absorção de água, com maior teor de proteína e também mais resistente à ação física e enzimática. Ocorrem também variações entre híbridos devido à presença de tanino (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Silagem de grãos úmidos

Para o emprego desta tecnologia, podem ser utilizados os grãos de aveia, cevada, trigo, milho e sorgo, mas devido aos custos de produção, os dois últimos são os mais usados, pois apresentam menor custo.

A silagem de grãos úmidos de milho vem sendo pesquisada há vários anos em países da Europa, e também nos Estados Unidos e Canadá (CHANDLER et al., 1974; DeBRABANDER et al., 1992), porém no Brasil, mesmo utilizando-se intensamente alguns grãos como o milho, seu emprego é restrito ao Sul do Estado do Paraná, (JOBIM et al., 1996), e só recentemente o estudo e a difusão desta tecnologia tem atingido outros Estados (JOBIM et al., 1997; COSTA et al., 1997; e REIS et al., 2001).

A realização de estudos com silagem de grãos úmidos justifica-se em função da

grande utilização do milho na alimentação animal e da possibilidade de redução de custos (transporte) em relação a utilização do grão seco, pós-armazenagem. Além disso, os graves problemas de armazenagem nas propriedades, com grandes perdas qualitativas podem ser substancialmente reduzidos com a utilização desta tecnologia de baixo custo de acordo com Jobim et al., (1997), citado por REIS et al., 2001.

De acordo com SANTOS (1992) e JOBIM et al., 1997, além das perdas quantitativas, são bastante acentuadas as referentes à qualidade dos grãos. Sendo assim, além da silagem de grãos como opção para minimizar estas perdas, também existe a possibilidade de utilização do grão de milho hidratado e ensilado. Esta opção, por sua vez, permite a utilização do grão seco, que após a elevação de sua umidade a teores ideais, permitem o processo de ensilagem do produto, trazendo dessa forma alternativas para seu acondicionamento, sem que venha a ser prejudicado pelos fatores acima mencionados.

Apesar do milho em grão ser largamente utilizado na alimentação de ruminantes, a utilização dos grãos úmidos ensilados é pequena no Brasil. Geralmente, é utilizado como alternativa para a suplementação de animais alimentados com volumosos de baixa qualidade (EECKHOUT e DePAEPE, 1989).

A armazenagem dos grãos na forma de silagem em condições de manejo adequado pode eliminar ou reduzir drasticamente o desenvolvimento de fungos e em consequência evitar a contaminação da ração com micotoxinas. Além disso, ensilagem de grãos úmidos permite um sistema de armazenagem mais simples e barato.

São bastante conhecidos os graves problemas existentes nas propriedades referentes às perdas devido ao ataque de insetos e roedores; ao grande desperdício de grãos devido ao transporte inadequado e armazenagem inadequada, com conseqüentes

perdas no valor nutritivo, ou seja, as estatísticas apontam para um elevado prejuízo no Brasil em termos de perdas qualitativas e quantitativas, o que contribui para que o custo de produção seja um dos mais elevados. Segundo JOBIM et al., (1997), estas grandes perdas quali-quantitativas, podem ser substancialmente reduzidas com o uso da ensilagem.

Estimativa da degradação ruminal *in situ*

A técnica *in situ*, com sacos de náilon, tem sido um dos métodos mais utilizados na avaliação da degradabilidade ruminal dos alimentos. O perfil da curva de desaparecimento de cada nutriente para cada alimento retrata a cinética de degradação ruminal. Além disto, a integração entre os parâmetros de degradação como a taxa de passagem permitida pela equação proposta por ØRSKOV e McDONALD (1979), elucida o grau de degradação do alimento em diferentes aspectos nutricionais.

A determinação da degradabilidade ruminal dos alimentos é indispensável para se avaliar a quantidade de nutrientes que estará disponível para os microorganismos do rúmen e a quantidade de nitrogênio que alcança o intestino delgado (MERHEZ e ØRSKOV, 1977, ARIELE et al., 1989, VERITÉ, 1990).

A técnica *in situ* foi desenvolvida por BALCH (1950) e tem sido considerada como apropriada para estudos da degradabilidade ruminal dos alimentos (ØRSKOV e McDONALD, 1979, ØRSKOV et al., 1980; ARIELE et al., 1989).

O grau de degradação da proteína é significativamente afetado pelo tempo de retenção no rúmen, enquanto a taxa de passagem pode ser afetada pelo tamanho da partícula e pelo consumo. Quando o consumo aumenta, a taxa de passagem aumenta, tendendo a ser maior quando ocorrer redução no tamanho das partículas (GOMES, 1991).

Amido

O amido é um polissacarídeo de reserva dos vegetais constituído basicamente de duas frações: amilose e amilopectina. As relações amilopectina e amilose diferem entre as cultivares, tanto de sorgo quanto de milho (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

Fisicamente, o amido se constitui de grânulos nos quais a amilose e amilopectina estão ligadas por pontes de hidrogênio. A amilopectina se constitui na parte mais organizada (cristalina) dos grânulos, mais densa e, que oferece maior resistência à penetração de água ou à ação enzimática. A amilose se constitui na parte menos organizada (amorfa) e menos densa que a cristalina, podendo a água mover-se livremente através dela. Os grânulos de amido são interligados e envoltos por uma camada ou matriz protéica. A digestibilidade do amido, geralmente é inversamente proporcional ao seu teor de amilose, em virtude de interações desta com a matriz protéica do grânulo de amido (ROONEY e PFLUGFELDER, 1986).

O amido é um polissacarídeo heterogêneo composto principalmente de moléculas de amilose e de amilopectina, ligadas por pontes de hidrogênio (VAN SOEST, 1994). A amilose é um polímero linear de unidades D-glicose unidas com ligações tipo α 1,4; enquanto a amilopectina é um polímero ramificado, formado por um polímero ramificado, formado por uma cadeia linear de resíduos de glucose (α 1,4) com pontos de ramificação α 1,6 a cada 20 a 25 unidades.

Componente dos grãos de cereais, o amido é considerado como principal fonte de reserva energética da maioria dos vegetais (juntamente com os açúcares). A maioria do amido é rápida e facilmente fermentada no rúmen, embora o grau com que isso ocorre dependa principalmente das propriedades físicas e químicas dos grânulos de amido do ingrediente em questão.

A energia fornecida pelo amido é muito importante, visto que a síntese de proteína microbiana no rúmen pode ser limitada pela baixa disponibilidade de carboidratos não estruturais (fonte de energia como ATP) e pela falta de esqueletos de carbono (MELLO Jr., 1991).

De acordo com diversos autores há diferenças entre os diversos grãos quanto a 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).

Normalmente o milho apresenta digestibilidade de matéria orgânica ligeiramente maior que sorgo (STREETER et al., 1990), provavelmente devido às características do amido, como porcentagem de amilose e amilopectina, e a matriz protéica que envolve o amido.

Textura do Grão

A textura do grão de milho é determinada pela quantidade proporcional de endosperma vítreo para o endosperma farináceo (WATSON, 1988).

Conforme Robutti et al., 1974; Pratt et al., 1995, citados por PEREIRA et al., (2004), o endosperma vítreo é duro e cristalino, possui uma matriz de proteína contínua e abundante, com corpos de proteína maiores e mais numerosos, e grânulos de goma compactos e poligonais. O endosperma farináceo é opaco e de textura macia, a matriz de proteína é descontínua e tem pouca porção de proteína, e os grânulos de goma são esféricos e maiores.

No Brasil, a indústria de semente de milho optou por híbridos de textura dura no qual endosperma de vitreosidade alta são predominantes. Este fato pode representar acentuada redução na degradabilidade ruminal (PEREIRA et al., 2004).

Segundo CRUZ et al., (2002), as cultivares de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura do grão. Os milhos comuns podem apresentar grãos com as seguintes texturas: 1-dentado ou mole (“dent”): os grãos de amido são densamente arranjados nas laterais dos grãos, formando um cilindro aberto que envolve parcialmente o embrião. Na parte central, os grãos de amido são menos densamente dispostos e farináceos. O grão é caracterizado pela depressão ou “dente” na sua parte superior, resultado da rápida secagem e contração do amido mole; 2-grão duro ou cristalino (“flint”): os grãos apresentam reduzida proporção de endosperma amiláceo em seu interior, notando-se que a parte dura ou cristalina é a predominante e envolve por completo o amido. A textura dura é devido ao denso arranjo dos grânulos de amido com proteína. Existem, ainda, os grãos semiduros e os semidentados, que apresentam características intermediárias. Os grãos mais duros apresentam a vantagem de boa armazenagem e qualidade de germinação. Milhos de grãos mais duros, preferidos pela indústria alimentícia, em algumas situações alcançam preço um pouco superior no mercado, enquanto que os de grãos dentados não são aceitos ou comprados por um preço menor. No entanto, em materiais para produção de milho verde e silagem, grãos dentados é uma característica desejada e freqüente.

Trabalhos realizados no estágio de maturação do milho mostram forte variabilidade na degradação ruminal do amido em função do genótipo (PHILIPPEAU, CHAMPION e MICHALET-DOREAU, 1996). Os genótipos de milho se diferenciam pela textura do endosperma (dentados, duros). A degradabilidade do amido do grão normalmente diminui com o avanço na maturidade.

Referências Bibliográficas

- ARIELI, A., BRUCKENTAL, I., SMOLER, E. Prediction of duodenal nitrogen supply from degradation of organic and nitrogenous matter *in situ*. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p. 2532-2539, 1989.
- BALCH, C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows. 1. The rate of passage of foods through the digestive tract. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.4, p. 361-394, 1950.
- BARBOSA, G. S. S. C.; SAMPAIO, I. B. M.; GONÇALVES, L. C. Fatores que afetam os valores de degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais: I. dieta basal. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.50, p.731-735, 1998.
- COSTA, C.; ARRIGONI, M. D. B.; SILVEIRA, A. C. Silagem de grãos úmidos de milho. **Revista dos Criadores**, n.804, p. 34-35, 1997. Artigo Técnico.
- CHANDLER, P.T., MILLER, C.N. e JAHN, E. Feeding value and nutrient preservation of high moisture corn ensiled in conventional silos for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, 58(5): 682-688, 1974.
- CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PEREIRA, F. T. F.; OLIVEIRA, M. R. **Cultivo do Milho** – Cultivares. Comunicado Técnico 55, Sete Lagoas – MG, Dez. 2002.
- DeBRABANDER, D. L.; COTTYN, B. G.; BOUCQUE, C. H. V. Substitution of concentrates by ensiled high-moisture maize grain in dairy cattle diets. **Animal feed Science and Technology**, n.38, p.57-67, 1992.
- EECKHOUT, W.; DePAEPE, M. Influence of the cob content of ensiled moist maize grain on losses of total and fecal digestible amino acids. **Revue de l'Agriculture**, v. 42, n.1, p.51-62, 1989.

GOMES, B. V. **Influência das características químicas e físicas das forragens sobre o consumo, degradação e cinética ruminal.** Viçosa, MG: UFV, 1991. 115p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1991.

HALE, W.N. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.73, n.4, p.1075-1083, 1973.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.65, p.63-93, 1995.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, n.3, p.852-867, 1997.

JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Avaliação o valor nutritivo das silagens de grãos úmidos e de espigas de milho sem brácteas. **Revista Unimar**, v. 18, n3, p.545-552, 1996.

JOBIM, C. C., REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Avaliação da silagem de grãos úmidos de milho (*Zea mays* L.). **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.32, n.3, p.311-31, 1997.

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, Dec. 1971.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agriculture Science**, v.88, p.645-650, 1977.

MELLO Jr., C. do A. Processamento de grãos de milho e sorgo visando aumento do valor nutritivo. In.: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4, 1991, Piracicaba, SP. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1991. p.263-283. 1991.

NOCEK, J. E. *In situ* and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.2051-2069, 1988.

ØRSKOV, E. R.; Mc DONALD, L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.

ØRSKOV, E. R.; DEB HOVEL, F. D.; MOUL, F. Uso de la tecnica de la bolsa de nylon para valoración de los alimentos. *Produccion Animal Tropical*, v. 5, p. 213-233, 1980.

ØRSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, v.63, n.1, p.1624-1633, 1986.

OWENS, F. N; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.1, p.1634-1648, 1986.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. H.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a Review. **Journal of Animal Science**, v. 75, n.1, p.868-879, 1997.

PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v. 61, n.4, p.358-363, July/August 2004.

PHILIPPEAU, C.; CHAMPION, M.; MICHALET-DOREAU, B. Influence du genotype et du stade de maturite sur la digestion ruminale de l'amidon de mais recolte au stade ensilage. In: SYMPOSIUM ON SILAGE MAIZE, 1996, Nantes.

REIS, W.; JOBIM, C. C.; MACEDO, F. A. F.; MARTINS, E. N.; CECATO, U.; SILVEIRA, A. Desempenho de cordeiros terminados em confinamento, consumindo silagens de milho de grãos com alta umidade ou grãos de milho hidratados em substituição aos grãos de milho seco na dieta. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.30, nº 2, Março/Abril, 2001.

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, Nov. 1986.

SANTOS, J. P. dos. Controle de pragas de grãos armazenados. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19, 1992, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre-RS, 1992, p. 191-209.

STREETER, M. N.; WAGNER, D. G.; HIBBERD, C. A.; OWENS, F. N. Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. **Journal of Animal Science**, v.68, n.1, p.3429-3440, 1990.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 63, n.1, p.1649-1662, 1986.

VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Cornell University Press, 1994. 476p.

VERITÉ, R. Degradabilité en sachets des matières azotées des aliments concentrés: standardisation de la méthode et variabilités intra et interlaboratoires. **Reproduction Nutrition Development Uppl.** 2, p. 161-162, 1990.

WATSON, S. A. Corn marketing, processing, and utilization. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J. W. (Ed.) **Corn and corn improvement**. Madison: ASA, 1988. p.881-940.

Degradabilidade da matéria seca e proteína bruta do grão seco e ensilado de dois híbridos de milho (*Zea mays*), textura dura e mole, submetidos a três formas de processamento

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito do processamento (moagem) em dois híbridos de milho (textura dura e mole), conservados secos e grãos úmidos ensilados, sobre a degradabilidade *in situ* da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB). Determinou-se a granulometria do material onde foi verificada diferença no DGM (Diâmetro Geométrico Médio) dos ingredientes processados, quando submetidos à moagem com diferentes peneiras. Foram utilizados três ovinos adultos fistulados no rúmen, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e mole), dois métodos de conservação e três formas de processamento (moído grosso, médio e fino), com cinco tempos de incubação (3, 6, 12, 24 e 48 horas). Os valores verificados para a fração A na SMM (silagem de milho mole) da MS foram superiores ao GMM (grão de milho mole) em todas as granulometrias. O processo de ensilagem aumentou a solubilidade da MS dos ingredientes, diminuindo a fração B quando comparado com o grão seco; disponibilizando mais facilmente para o ataque microbiano. Os valores referentes às frações DP e DE a 5%/h da proteína, foram maiores para SMM e GMM, apresentando maior desaparecimento quando avança o tempo de incubação. Para a MS o processo de ensilagem aumentou a degradabilidade ruminal da MS do milho com textura mole. O mesmo não se verifica com relação ao milho com textura dura. A taxa de fermentação (kd) mostra-se superior para SMM e GMM. O processo de ensilagem tem efeito positivo no desaparecimento da MS e PB quando se compara com o GMM.

Termos para indexação: silagem de grãos úmidos, degradação ruminal, granulometria, valor nutritivo.

Degradability of dry matter and crude protein of the dry ensiled grain of two corn hybrids (*Zea mays*), flint and dent, submitted to three processing forms

ABSTRACT - The objective of this work was to evaluate the effect of the processing (grinding) in two corn hybrids (flint and dent) conserved, dry and humid grains, on the dry matter (DM) and crude protein (PB) degradability in situ. Was determined the material particle size and difference was verified in DGM (Medium Geometric Diameter) of the processed ingredients, when submitted to the grinding with different sieves. Three adult sheeps were used with rumen canulated, distributed in a completely randomized design, using a factorial outline 2 x 2 x 3, being two corn hybrid (flint and dent), two conservation methods and three processing forms (whole, coarsely and finely ground), with five times of incubation (3, 6, 12, 24 and 48 hours). The values verified for the fraction A in SMM (silage of dent corn) of DM were superior to GMM (grain of dent corn) in all of the particles size. The ensiling process increased the DM solubility of the ingredients, reducing the fraction B when compared with the dry grain; making available more easily for the microbial attack. The values regarding the fractions DP and DE the 5%/hour of the protein, were larger for SMM and GMM, it presents a larger disappearance when it advances the incubation time. For DM show that the ensiling process has increased the DM degradability ruminal of the corn with soft texture. The same is not verified regarding the corn with flint texture. The fermentation rate (kd) is superior for SMM and GMM. The ensiling process has positive effect in the disappearance of DM and CP when it is compared with GMM.

Index terms: high moisture grain, degradation ruminal, particle size, nutritive value.

Introdução

O tamanho das partículas dos ingredientes destinados à fabricação de rações pode influenciar na digestibilidade dos nutrientes e como consequência na maximização da resposta pelo animal.

A moagem de grãos de milho antes de sua utilização é prática comum. Entretanto, os benefícios deste processo não estão ainda bem definidos (OWENS et al., 1995).

De acordo com CARVALHO et al., (1981) o processamento de grãos busca melhorar o aproveitamento dos mesmos, porém, a forma física, bem como o nível de umidade, temperatura e tempo de estocagem podem afetar os resultados nos processamentos dos grãos.

A recomendação quanto à granulometria do milho deve ser baseada no Diâmetro Geométrico Médio (DGM) das partículas e não somente no diâmetro dos furos das peneiras, por tratar-se de uma medida mais precisa, considerando que não existe uma padronização nos moinhos. DGM representa o diâmetro geométrico médio das partículas do ingrediente moído, e possibilita correlacionar a granulometria do ingrediente à digestibilidade dos nutrientes, a resposta animal e ao rendimento de moagem (ZANOTTO e BELLAVER, 1996). Esse procedimento consiste no peneiramento de uma amostra do ingrediente em questão, gerando informações que possibilitam as determinações do Diâmetro Geométrico Médio (DGM) das partículas, os quais podem ser definidos: DGM representa o diâmetro geométrico médio das partículas do ingrediente moído, e possibilita correlacionar a granulometria do ingrediente à digestibilidade dos nutrientes, a resposta animal e ao rendimento de moagem.

Entende-se por granulometria o ato de medir o tamanho das partículas havendo muitas vezes, confundimento do termo com o tamanho das partículas em si. A moagem é o processo no qual os ingredientes são reduzidos em seu tamanho pela força do impacto, corte ou atrito. Do ponto de vista nutricional, pode-se considerar que quanto menor o tamanho das partículas do alimento, maior é o contato dessas com os sucos digestivos, favorecendo a digestão e a absorção. Entretanto, o tamanho ideal das partículas varia com a espécie animal (Zanotto e Bellaver, 1996, citado por BELLAVER e NONES, 2000).

Segundo ZANOTTO e BELLAVER (1996), a redução no DGM das partículas do milho de aproximadamente 1.000 para 500 micrômetros promove benefícios no desempenho dos suínos, em termos de diminuição de consumo de ração e melhoria na conversão alimentar, sem afetar o ganho de peso.

A influência do processamento na digestibilidade do amido foi estudada por HERRERA-SALDAÑA et al., 1990, porém sem chegar a um consenso a respeito do ponto ótimo de processamento.

De acordo com o NRC (1996), ocorrem alterações na digestibilidade e na utilização de energia digestível influenciada pelo tipo de processamento, estágio de maturidade, tipo e variedade de grão. Além disso, o processamento de grãos como o milho e o sorgo expõem os grânulos de amido à digestão (BEAUCHEMIN et al., 2001), facilitando através de fissuras o ataque das enzimas e da população microbiana (KOTARSKY et al., 1992), melhorando a utilização do amido (THEURER, 1986).

Os sistemas mais modernos de formulação de dietas para ruminantes levam em consideração a cinética da degradação das diferentes frações dos alimentos, particularmente da proteína e dos carboidratos não estruturais (Fox et al., 1990, citado por TONANI et al., 2001).

De acordo com TEIXEIRA et al., (1996), grande ênfase tem sido dada ao estudo da degradabilidade ruminal dos alimentos, baseado nas diferentes formas físicas presentes nas dietas dos animais: moído, inteiro, quebrado, triturado, laminado, floculado, etc.

Conforme PAZIANI et al., (1999), a moagem dos grãos é o processamento mais simples e prático que pode ser aplicado para obtenção de diferentes tamanhos de partículas, ocorrendo variações na proporção da degradação ruminal e digestão intestinal.

Segundo OWENS et al., (1986) o aumento progressivo do processamento: quebra, esmagamento, moagem, ensilagem e floculação favoreceram a digestão ruminal de amido em 17; 22; 32; 46 e 40,6% respectivamente em relação a milho inteiro, reduzindo o fluxo para o intestino delgado. Também, em alguns casos, reduziu a porcentagem do amido ingerido que estava disponível para digestão no intestino delgado em 30,2% no milho quebrado; 19,7% no amassado e 15,8% no moído.

Diferentes granulometrias dos grãos podem implicar em diferentes digestibilidades e ganho de peso (HALE, 1973 e ALBRO et al., 1993).

TONROY et al., (1974), estudando em seis experimentos o efeito de várias formas de processamento de grãos de milho sobre o desempenho de bovinos em confinamento constataram que para um mesmo ganho de peso a ingestão diária total de grãos de milho reduziu de 4 para 15% e de 4 para 25%, respectivamente para os animais que recebiam silagem de grãos úmidos de milho em relação ao milho seco inteiro ou esmagado.

TURGEON Jr. et al., (1983) e SILVA et al., (1998) recomendam a moagem dos grãos de milho para garantir melhor eficiência do sistema de engorda de bovinos em confinamento.

A técnica *in situ* com sacos de náilon, tem sido um dos métodos mais utilizados na avaliação da degradabilidade ruminal dos alimentos. O perfil da curva de desaparecimento de cada nutriente para cada alimento retrata a cinética de degradação ruminal. Além disto, a integração entre os parâmetros de degradação e a taxa de passagem permitida pela equação proposta por ØRSKOV e McDONALD (1979), elucida o grau de degradação do alimento em diferentes situações nutricionais.

O grau de degradação da proteína é significativamente afetado pelo tempo de retenção no rúmen, enquanto que a taxa de passagem pode ser afetada pelo tamanho da partícula e pelo consumo. Quando o consumo aumenta, a taxa de passagem aumenta, tendendo a ser maior quando ocorrer redução no tamanho das partículas (GOMES, 1991).

Esta pesquisa objetivou avaliar o efeito das formas de processamento (grão ensilado ou grão seco) do milho com textura dura e mole, moído em diferentes granulometrias sobre a degradabilidade ruminal da matéria seca e da proteína bruta.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Pesquisa e Produção da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP – Campus de Botucatu.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, em arranjo fatorial do tipo 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e mole), dois métodos de conservação (grão seco e grão ensilado) e três formas de processamento (moído grosso, moído médio e moído fino).

Os híbridos utilizados foram o AG 4051 (textura mole) e BAYER 3663 (textura dura) nos teores de umidade de 28% (ensilado) e 13% (seco), submetidos em diferentes graus de moagem.

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

Neste momento utilizou-se o equipamento destinado ao enchimento de silos tipo “bag” (BOELTER, modelo OB 20). Alterando-se a regulagem deste equipamento, foi possível conseguir três granulometrias distintas. A utilização de peneiras foi dificultada pela umidade presentes nos grãos no momento da ensilagem. Para o processamento dos grãos secos de milho, acoplou-se ao desintegrador as peneira de 8 mm, 10 mm e 12 mm, obtendo-se granulometrias diferenciadas para compor os tratamentos.

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

No momento da abertura dos silos foram feitas amostragens para análise da composição química da silagem (MS, PB, FDN, FDA, ENN, NDT), segundo metodologia de SILVA (1991).

Aproximadamente 500 g de material foram coletadas e submetidas à secagem em estufa à temperatura de 105° C por 24 horas. Em seguida, determinou-se a granulometria de acordo com a metodologia descrita por ZANOTTO e BELLAYER (1996).

O experimento de degradabilidade foi conduzido no setor da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP - Campus de Jaboticabal.

Para a avaliação da degradabilidade ruminal foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em um esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e mole), dois métodos de conservação e três formas de processamento (moído grosso, moído médio, moído fino).

Foram utilizados 3 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 75 dias o período experimental.

Utilizou-se o feno de coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) como volumoso, que foi triturado no momento do fornecimento (com média de 14 % de MS). O alimento foi fornecido duas vezes ao dia (7 e 17 horas) na quantidade equivalente a 2,0% PV em MS. O volumoso e concentrado utilizados estão descritos na Tabela 1.

A Tabela 2 apresenta a composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos tratamentos para o ensaio de degradabilidade.

Foi utilizada a técnica de degradação ruminal *in situ* proposta por ØRSKOV e McDONALD (1979), utilizando-se sacos de náilon, 100% poliamida, medindo 14,00 cm x 7,00 cm, com poros de 50 micrômetros.

Os tempos de incubação empregados tiveram a duração de 3, 6, 12, 24 e 48 horas, sendo que os sacos correspondentes a cada horário foram introduzidos no rúmen, sempre e imediatamente após o arraçoamento, de modo que os sacos relativos ao horário seguinte somente foram introduzidos 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 no rúmen, estes foram retirados e mergulhados por 30 minutos em água com gelo para interrupção da atividade microbiana, em seguida foram 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.

Das amostras dos alimentos que restou nos sacos após a incubação ruminal foram obtidos os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) segundo SILVA (1991).

As porcentagens de desaparecimento da MS e PB por tempo de incubação foram calculadas pela proporção do resíduo nos sacos após 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; k_p = 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:

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

Onde:

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

Resultados e Discussão

A variação dos valores referentes ao tamanho das partículas do milho quando submetido a diferentes graus de moagem podem ser verificados na Tabela 3, confirmando os dados obtidos por ZANOTTO e BELLAYER (1996).

Observa-se que na forma de grão seco, o processo de moagem proporcionou uma maior padronização da granulometria. O milho com textura dura permitiu obter DGM (Diâmetro Geométrico Médio) mais aproximados. Observa-se que o grão seco apresenta melhor fluxo pelo desintegrador, permitindo moagem mais eficiente.

O material ensilado, devido a maior umidade no momento do processamento, apresentou dificuldade em se utilizar as peneiras de 8, 10 e 12 mm. Razão pela qual optou-se por utilizar o equipamento para enchimento de silos tipo bag.

Matéria seca

Os resultados referentes às frações A, B, C, kd e as degradabilidades potencial e efetivas para as taxas de 5 %/h da matéria seca (MS) do milho com textura dura e mole (seco ou ensilado) encontram-se na Tabela 4.

Constatou-se maior fração solúvel para a silagem de milho mole. O processo de ensilagem aumentou a solubilidade da MS dos grãos processados. A fração solúvel (A) na SMD (silagem de milho duro) e GMD (grão de milho duro) nas diferentes granulometrias foi baixa quando comparada com os valores da SMM (silagem de mole) e GMM (grão de milho mole). Observa-se que o processo de ensilagem melhorou a ação dos microorganismos ruminais sobre o material, com diferença significativa nestes resultados. Isso pode ser atribuído aos ácidos orgânicos que são produzidos durante o processo fermentativo no silo (TONROY et al., 1974; GOODRICH et al., 1975; BRANDT et al., 1985; MADER et al., 1991; STOCK et al., 1991).

Para grão de milho com textura mole, ocorreu diferença significativa quando se compara com o milho com textura dura, indicando que a textura do grão tem influência no desaparecimento da fração A; onde grãos de milho com textura mole apresentam uma maior taxa de desaparecimento ruminal. Observa-se ainda diferença significativa entre as granulometrias, indicando que o grau de moagem contribui para uma maior degradação, sendo que os grãos (mole e duro) mais finamente moídos apresentam maior degradação da fração A, concordando com PAZIANI et al., (1999), que afirmam que a moagem dos grãos pode ser aplicada para obtenção de diferentes tamanhos de partículas, ocorrendo variações na proporção da degradação ruminal e digestão intestinal. Ainda segundo HALE, (1973) e ALBRO et al., (1993), diferentes granulometrias dos grãos podem implicar em diferentes digestibilidades e ganho de peso.

Houve diferença significativa ($P < 0,05$) para a fração B da MS na silagem de milho mole e grão de milho mole, com diminuição da fração B da silagem quando comparado com o grão seco. Observa-se diferença entre os tratamentos, não havendo efeito quando o material foi submetido a diferentes graus de moagem.

Com relação à fração C da matéria seca, não se verifica diferença significativa dentro do tratamento mole, mas observa-se que entre os tratamentos houve diferença quando o grão duro foi ensilado; o que estaria relacionado à resistência deste genótipo à degradação. Não houve efeito da moagem na degradação da fração C.

Não foi observada diferença significativa para a taxa de fermentação (kd), mantendo-se dentro de um valor aproximado tanto para o tratamento quanto para a forma de conservação. Discordando de GOMES (1991) onde afirma que a taxa de passagem aumenta, tendendo a ser maior quando ocorrer redução no tamanho das partículas.

A degradabilidade potencial da matéria seca do milho mole foi significativamente superior ao milho com textura dura. Porém, não se observa diferença entre as formas de conservação ou efeito do grau de moagem.

Considerando taxas de passagem de 5%/h, os milhos de texturas mole e dura conservados na forma de silagem apresentaram diferença significativa para a degradabilidade efetiva da matéria seca em relação ao grão seco (66,28% e 58,80% e 52,02% e 46,48%, respectivamente), entretanto não houve diferença significativa com relação às granulometrias. VARGAS JUNIOR et al., (2002) observaram que a degradabilidade efetiva da matéria seca do milho em grão moído foi de 66,9%. Os valores médios obtidos para o milho em grão moído textura dura (52,02%) e textura mole (58,80%) diferencia-se dos valores de 62,5 a 90,2% relatados por NOCEK e

TAMMINGA (1991), mas está próximo aos $50,4 \pm 3,6\%$ compilados por ZEOULA e CALDAS NETO (2001).

Na Tabela 5 e Figura 1 observa-se os dados referentes ao desaparecimento da MS da SMD, GMD, SMM e GMM. Como a granulometria não afetou o desaparecimento, foi ajustada uma equação para cada combinação de textura e processamento.

Para SMD e GMD, as curvas se mostraram muito semelhantes, indicando que a conservação na forma de silagem não alterou o desaparecimento da MS. De acordo com os dados, observa-se que com o aumento do tempo de permanência do material no rúmen, aumenta o desaparecimento da MS. O gráfico mostra que com 48 h, o produto não atingiu seu potencial máximo de degradação.

Os tempos de incubação indicam que o milho de textura mole ensilado foi mais intensamente degradado, comprovando as afirmações de que a textura e a ensilagem proporcionam maior ação dos microorganismos do rúmen.

Proteína bruta

Os valores das frações A, B, C, a taxa de degradação (kd) e as degradabilidades potencial (DP) e efetivas (DE) da proteína bruta do milho com textura dura e mole (seco ou ensilado), encontram-se na Tabela 6.

A fração Solúvel (A) da proteína do milho com textura mole ensilado (SMM), com média de 57,19% de degradabilidade, foi superior ao grão de milho seco (GMM), apresentando valores médios de 13,9% (311% superior). Com a moagem mais fina, observa-se que este valor se eleva ainda mais (60,5% da SMM contra 15,5% para GMM); com aproximadamente 290% de incremento na degradabilidade desta fração.

O mesmo se verifica quando comparamos o milho de textura dura ensilado (SMD) e seco (GMD), onde com a ensilagem, consegue-se valores maiores para a degradabilidade da fração A.

Com a moagem, ocorre o aumento da superfície de contato da partícula com o meio ruminal, aumentando a solubilidade. Esta ocorrência seria importante pela maior ação dos microorganismos durante a fase de colonização (lag time).

A moagem dos grãos aumenta a superfície para ação das enzimas digestivas, melhorando a digestibilidade dos nutrientes, segundo Monticelli et al., (1996) citado por SILVA et al., (2005).

Observa-se diferença significativa para a degradabilidade da fração A da SMM (57,19%) quando comparada com a degradabilidade desta fração para SMD (31,24%); o que representa um acréscimo de 83% quando se ensila o grão de milho com textura mole. A textura mole do grão proporciona maior ação dos microorganismos ruminais sobre o material ensilado.

Em relação à fração B verifica-se que a mesma sofre incremento à medida que a fração A diminui, sendo os maiores valores da fração B observados no GMM e GMD.

A fração C para o milho com textura mole apresentou valores inferiores aos do milho com textura dura, o que pode estar associado à menor resistência deste à degradação.

O valor da taxa de fermentação (kd) da proteína bruta do milho com textura dura ou mole não apresentou diferença estatística. O kd mostra-se superior para SMM e GMM. Isto pode estar relacionado ao fato do grão mole proporcionar maior rompimento da matriz protéica através da moagem, facilitando o ataque microbiano. Porém, no Brasil, a indústria de semente de milho optou por híbridos de textura dura no qual

apresenta endosperma de vitreosidade alta. Este fato pode representar acentuada redução na degradabilidade ruminal (PEREIRA et al., 2004).

Os valores referentes às frações DP foi maior para milho mole do que para milho duro, não sendo influenciado pelo tipo de processamento. A DE a 5%/h da proteína, foram maiores para SMM e GMM. Para o milho de textura dura, a ensilagem não interferiu nos valores destas frações.

A (DE) degradabilidade efetiva a 5%/h, apresenta diferença significativa para a SMM e GMM. O mesmo se observa quando se compara SMM e SMD, tendo-se os maiores valores referentes a SMM. Pode-se perceber o efeito do processo de ensilagem aliado a textura do grão proporcionando melhor DE. Quando avaliamos os dados referentes a SMD moído grosso, SMD moído médio e SMD moído fino, verifica-se que a moagem aumentou a degradabilidade potencial (DP), porém sem significância estatística para o teste de Tukey a 5%.

A SMM apresenta maior desaparecimento da proteína quando avança o tempo de incubação (Tabela 7 e Figura 2), o que vem confirmar a afirmação feita por GOMES (1991), onde o grau de degradação da proteína é afetado pelo tempo de retenção no rúmen. O processo de ensilagem tem efeito positivo no desaparecimento quando se compara com o GMM. Porém, não foi observado diferença entre as granulometrias.

No desaparecimento da proteína da SMD e GMD, observa-se que o processo de ensilagem promoveu maior desaparecimento quando comparado com o grão seco. Com o avanço no tempo de incubação, a proteína apresentou maior desaparecimento, e não foi observado efeito da granulometria.

Conclusões

1. Independente da textura, mole ou dura, e dos graus de moagem (fino, médio e grosso), a ensilagem é a melhor forma de conservação do grão de milho para alimentação de ruminantes com relação a degradabilidade da proteína bruta e da matéria seca.
2. Na alimentação de ruminantes, o grão de milho conservado na forma seca deve ser preferencialmente utilizado o que possuir textura mole.

Referências

ALBRO, J. D.; WEBER, D. W.; DEL CURTO, T. Comparisons of whole, raw soybeans, extruded soybeans meal e barley on digestive characteristics and performance of weaned beef steers consuming mature grass hay. **Journal of Animal Science**, v.71, n.1, p.26-32, 1993.

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**, v.79, p. 1925-1934, 2001.

BELLAVER, C.; NONES, K. A importância da granulometrias, da mistura e da peletização da ração avícola. In: IV SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA., 4., 2000. Goiânia. **Anais**. p.1-18, 2000.

BRANDT, B., STOCK, R., KREKEMEIER, K. 1985. Dry and high-moisture corn influence on finishing steers performance digestion. **Nebraska Beef Cattle Report**, Lincoln. v.48, p.23-25.

CARVALHO, W. T.; GARCIA, J. A.; SILVA, J. F. C.; CAMPOS, J.; SILVA, D. J. Efeito da alteração dos grãos de sorgo e de milho, pelo aquecimento, fermentação e moagem, sobre a digestibilidade “*in vitro*” dos carboidratos e da matéria seca. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.10, n. 2, p.295-313, 1981.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; PEREIRA, F. T. F.; OLIVEIRA, M. R. **Cultivo do Milho** – Cultivares. Comunicado Técnico 55, Sete Lagoas – MG, Dez. 2002.

GOODRICH, R.D., BYERS, F.M., MEISKE, J.C. 1975. Influence of moisture content, processing and reconstitution on the fermentation of corn grain. **Journal of Animal Science**, 41(3):876-881.

GOMES, B. V. **Influência das características químicas e físicas das forragens sobre o consumo, degradação e cinética ruminal.** Viçosa, MG: UFV, 1991. 115p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 1991.

HALE, W. H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 73, n.4, p. 1075-1083, 1973.

HERRERA-SALDAÑA, R.; GOMES-ALARCON, R.; TORABI, M.; HUBER, J. T. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 142-151, 1990.

KOTARSKI, K. K.; WANISHA, R. D.; THURN, K. K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of nutrition**, v. 122, p. 178-190, 1992.

MADER, T.L., DAHLQUIST, J.M., BRITTON, R.A. et al. 1991. Type and mixtures of high-moisture corn in beef cattle finishing diets. **Journal of Animal Science**, 69(9):3480-3486.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-52, 1981.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, DC). Requirements domestic animals. In.: National Research Council (Washington, DC. **Nutrients Requirement of Beef Cattle**. 7. rev., ed. Washington, DC: National Academy Press, 1996. 240p.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk and composition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3598-605, 1991.

ØRSKOV, E. R.; Mc DONALD, L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, 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**, v. 63, n.1, p.1634-1648, 1986.

OWENS, F.; SECRIST, D.; GILL, D. Impact of grain sources and grain processing on feed intake by and performance of feedlot cattle. In: SYMPOSIUM INTAKE BY FEEDLOT CATTLE, 1995, Stillwater. Proceeding Stillwater: Oklahoma State University, 1995. p. 235-256.

PAZIANI, S. F.; ALCALDE, C. R.; ANDRADE, P. Acabamento de bovinos em pastagens no período seco, utilizando-se milho inteiro e soja integral ou milho moído e farelo de soja. **Acta Scientiarum**, v.21, n.3, p.745-748, 1999.

PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminant degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v. 61, n.4, p.358-363, July/August, 2004.

SAEG (SISTEMA para ANÁLISE ESTATÍSTICA e GENÉTICA). Viçosa: Universidade Estadual de Viçosa. *Central de Processamento de Dados*, 1983. 68p.

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

SILVA, J. M. DA; THIAGO, L. R. L. S.; FEIJÓ, G. L. D.; PORTO, J. C. A; KICHEL, A. N. Efeito do processamento do grão de milho na engorda de bovinos confinados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998. **Anais**. Botucatu, SP, 1998.

SILVA, A. A., MARQUES, B. M. F. P. P., HAUSCHILD, L., GARCIA, G. G., LOVATTO, P. A. Digestibilidade e balanços metabólicos da silagem de grãos úmidos de milho para suínos. **Ciência Rural**, vol.35, n.4; Santa Maria-July/Aug., 2005.

STOCK, R.A., SINDT, M.H., CLEALE, R.M., et al. 1991. High-moisture corn utilization in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, 69(4):1645-1656.

TEIXEIRA, J. C.; SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, A. I. G. Degradabilidade ruminal da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de rações contendo caroço de algodão e grão de milho, em diferentes formas físicas, em vacas da raça holandesa. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, vol. 25, n.4, 1996.

TONROY, B. R.; PERRY, T. W.; BEESON, W. M. Dry, ensiled high-moisture, ensiled reconstituted high-moisture and volatile fatty acid treated high moisture corn for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.39, n. 5, p. 931-936, 1974.

TONANI, F. L.; RUGGIERI, A. C.; QUEIROZ, A.C.; ANDRADE, P. Degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n.1, Belo Horizonte, fev. 2001.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.1, p.1649-1662, 1986.

TURGEON Jr, O. A.; BRINK, D. R.; BRITTON, R. A. Corn particle size moistures roughage level and start utilization in finishing steers diets. **Journal of Animal Science**, v.57, n.3, p.739-749, 1983.

VARGAS JUNIOR, F. M.; OLIVEIRA, M. V. M.; SANCHES, L. M. B. et al. Degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal de alimentos através da técnica *in situ* associada a do saco de náilon móvel. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39. **Anais**. Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002 (CD-ROM) Nutrição de Ruminantes 06sbz275.

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

ZEOULA, L. M.; CALDAS NETO, S. F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: TEIXEIRA, J. C.; SANTOS, R. A.; DAVID, F. M.; TEIXEIRA, L. F. A. C. Simpósio Internacional em Bovinocultura de Leite: Novos Conceitos em Nutrição. Lavras: UFLA-FAEPE, 2001. p.249-84.

Tabela 1. Composição da ração basal utilizada no experimento de degradabilidade (% na matéria seca)

Alimento	kg	PB	NDT	FDN	Ca	P
				%		
Feno de Coast cross	90	9	50,4	69,48	0,45	0,27
Farelo de Canola	10	4	7,5	3,072	0,07	0,11
Total	100	13	57,9	72,55	0,52	0,38

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

Parâmetros					
Ingredientes	MS	PB	EE	NDT	FDN
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
SMD – Gr	76,49	11,21	9,27	83,13	15,90
SMD – Md	76,64	11,31	7,93	84,60	15,00
SMD – Fn	76,98	11,07	8,84	83,50	15,60
SMM – Gr	73,28	10,70	7,26	83,22	15,80
SMM – Md	74,16	11,26	6,53	83,12	15,52
SMM – Fn	73,29	11,12	6,82	82,59	15,50

GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm; SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino.

Tabela 3. Tamanho de partículas de milho de acordo com o processamento

Ingrediente processado	DGM (Diâmetro Geométrico Médio - μm)
SMM - Gr	771,82
SMM - Md	648,43
SMM - Fn	594,12
SMD - Gr	1064,38
SMD - Md	681,61
SMD - Fn	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 Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm.

Tabela 4. Percentagens das frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indegradável (C), taxa de fermentação (kd) e degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) para as taxas de passagem de 5%/h da Matéria Seca

A											
MOLE						DURO					
28,95						12,39					
Forma			Grão			Forma			Grão		
Silagem 39,38 aA			18,52 bA			12,38 bB			12,40 aB		
Granulometria			Granulometria			Granulometria			Granulometria		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
32,42 c	39,48 b	46,24 a	19,02 b	16,78 c	19,75 a	9,01 c	13,12 b	15,00 a	10,22 c	12,53 b	14,44 a
B											
60,27						72,15					
Silagem 49,74 bB			Grão 70,81 aB			Silagem 67,59 bA			Grão 76,71 aA		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
58,16	50,07	41,94	69,51	73,72	69,53	69,62	62,89	70,98	76,97	78,57	75,61
C											
10,78						15,46					
Silagem 10,88 aB			Grão 10,67 aA			Silagem 20,03 aA			Grão 10,89 bA		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
9,42	10,45	11,82	11,47	9,50	10,72	21,37	23,99	14,02	12,80	8,90	9,95
Kd											
6,74						5,64					
Silagem 6,70			Grão 6,78			Silagem 5,55			Grão 5,73		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
7,23	5,83	5,86	6,91	6,84	5,72	5,70	5,97	5,55	5,33	5,24	5,87
DP											
85,23 a						77,57 b					
Silagem 84,64			Grão 85,82			Silagem 73,18			Grão 81,96		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
85,74	83,04	85,50	84,95	87,47	84,35	72,02	69,62	80,84	78,76	83,54	83,13
DE											
62,54						49,25					
Silagem 66,28 aA			Grão 58,80 bA			Silagem 46,48 bB			Grão 52,02 aB		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
64,76	64,51	68,74	58,70	59,21	56,65	44,75	44,93	52,33	48,27	52,19	54,09

Valores nas linhas seguidos de letras minúsculas diferentes para processamento dentro de textura, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). Valores nas linhas seguidos de letras maiúsculas diferentes para um mesmo processamento entre textura, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm. SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; ; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm.

Tabela 5. Desaparecimento (%) da matéria seca dos grãos de milho textura dura e mole (seco e ensilado), submetidos a diferentes granulometrias

Tratam.	Tempos de permanência no rúmen (h)					Equação	R ²
	3	6	12	24	48		
Silagem de grãos de milho textura dura							
SMD Gr	18,6	27,9	44,2	58,1	78,6		
SMD Md	21,6	33,6	49,7	57,7	76,0		
SMD Fn	21,9	36,9	51,5	67,3	85,3		
Média	20,7	32,8	48,5	61,0	79,9	y = 16,12 + 2,68x - 0,028x ²	0,9525
Grão de milho textura dura							
GMD Gr	18,1	28,5	45,3	62,6	87,2		
GMD Md	20,2	29,5	48,0	66,5	91,1		
GMD Fn	20,6	30,1	53,7	69,7	89,0		
Média	19,6	29,3	49,0	66,2	89,1	y = 12,10 + 3,12x - 0,031x ²	0,9842
Silagem de grãos de milho textura mole							
SMMGr	41,1	54,2	52,8	77,4	90,6		
SMM Md	40,6	58,3	51,1	73,8	89,5		
SMM Fn	47,0	58,5	55,1	77,3	87,2		
Média	42,9	57,0	53,0	76,2	89,1	y = 40,21 + 1,78x – 0,016x ²	0,9179
Grão de milho textura mole							
GMM Gr	28,0	39,7	43,2	74,1	88,5		
GMMMd	26,9	42,2	44,8	75,7	90,5		
GMM Fn	27,2	42,8	48,6	73,1	89,0		
Média	27,4	41,6	45,3	74,3	89,3	y = 20,58 + 2,86x – 0,03x ²	0,9746

SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; ; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm.

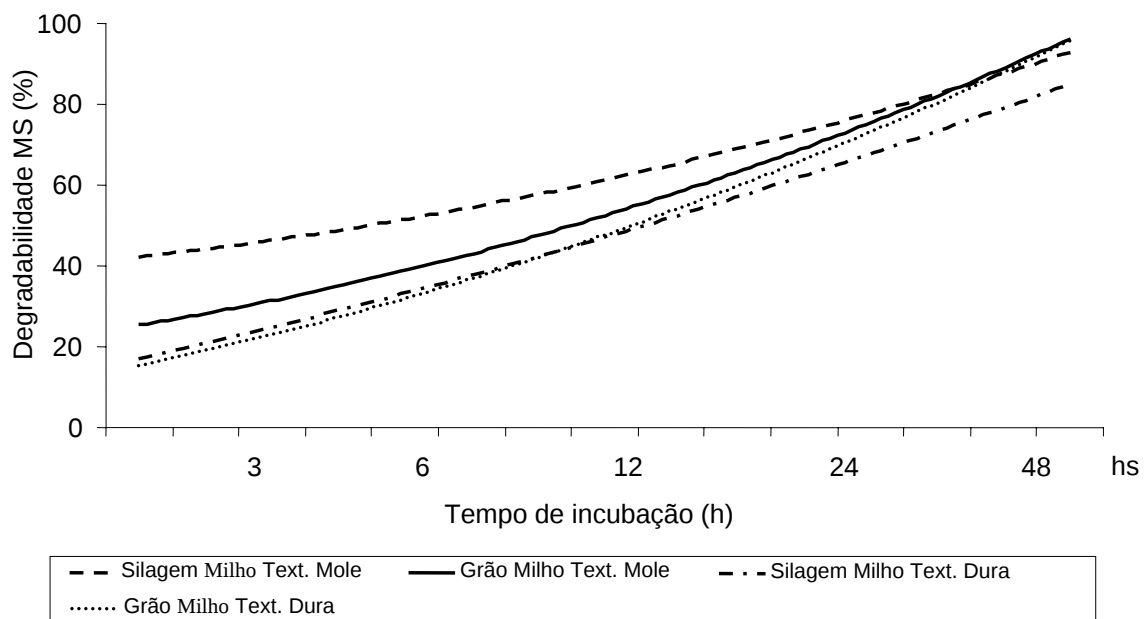


Figura 1. Desaparecimento (%) da matéria seca dos grãos de milho textura dura e mole (seco e ensilado), submetidos a diferentes granulometrias.

Tabela 6. Percentagens das frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indegradável (C), taxa de fermentação (kd) e degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) para as taxas de passagem de 5 %/h da Proteína Bruta

A											
Mole						Duro					
35,38						22,38					
Forma						Forma					
Silagem			Grão			Silagem			Grão		
57,19 aA			13,96 bA			31,24 aB			13,52 bB		
Granulometria			Granulometria			Granulometria			Granulometria		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
54,36 c	56,69 b	60,54 a	10,94 c	15,46 b	15,49 a	29,54 c	31,34 b	32,86 a	11,62 c	12,76 b	16,19 a
B											
56,59						64,93					
Silagem			Grão			Silagem			Grão		
36,95 bB			76,24 aA			54,18 bA			75,68 aA		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
40,63	37,56	33,56	78,90	75,34	75,47	54,82	52,70	55,45	75,49	78,74	73,82
C											
7,83						12,68					
Silagem			Grão			Silagem			Grão		
5,85 bB			9,80 aA			14,57 aA			10,80 bA		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
5,01	5,75	5,90	10,15	9,19	9,03	15,64	15,96	11,69	12,89	8,50	9,99
Kd											
6,29						5,36					
Silagem			Grão			Silagem			Grão		
6,18			6,41			5,27			5,45		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
6,37	5,30	5,47	6,30	7,52	4,49	3,49	4,77	8,85	4,35	5,26	5,96
DP											
86,69 a						77,59 b					
Silagem			Grão			Silagem			Grão		
88,31			85,06			76,16			79,00		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
91,01	82,94	91,19	84,40	88,05	81,85	69,63	77,72	82,51	72,90	80,78	82,78
DE											
65,65						53,35					
Silagem			Grão			Silagem			Grão		
75,50 aA			55,81 bA			56,12 aB			50,58 aA		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
75,95	71,89	77,79	54,02	60,19	51,07	50,33	56,46	63,67	44,74	50,82	54,55

Valores nas linhas seguidos de letras minúsculas diferentes para processamento dentro de textura, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). Valores nas linhas seguidos de letras maiúsculas diferentes para um mesmo processamento entre textura, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm. SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; ; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm.

Tabela 7. Desaparecimento (%) da proteína bruta dos grãos de milho textura dura e mole (seco e ensilado), submetidos a diferentes granulometrias

Tratam.	Tempos de permanência no rúmen (h)					Equação	R ²
	3	6	12	24	48		
Silagem de grãos de milho textura dura							
SMD Gr	46,3	47,5	56,6	63,6	84,4		
SMD Md	46,5	50,6	62,3	69,3	84,0		
SMD Fn	49,7	50,8	58,4	76,8	87,9		
Média	47,5	49,6	59,1	69,9	85,4	$y = 42,87 + 1,39x - 0,011x^2$	0,9555
Grão de milho textura dura							
GMD Gr	17,3	27,2	40,8	57,7	87,1		
GMD Md	21,9	33,0	44,0	66,4	91,5		
GMD Fn	20,3	34,2	49,5	69,9	89,0		
Média	19,8	31,5	44,8	64,7	89,2	$y = 13,81 + 2,78x - 0,025x^2$	0,9783
Silagem de grãos de milho textura mole							
SMMGr	63,5	70,0	71,9	85,3	95,0		
SMM Md	61,8	73,3	70,2	80,2	94,3		
SMM Fn	65,0	73,3	73,4	85,7	93,2		
Média	63,4	72,2	71,8	83,7	94,2	$y = 62,25 + 1,085x - 0,09x^2$	0,9389
Grão de milho textura mole							
GMM Gr	15,3	32,7	35,0	70,6	89,8		
GMM Md	18,4	38,4	42,3	76,2	90,8		
GMM Fn	18,3	33,6	42,9	66,2	89,9		
Média	17,3	34,9	40,1	71,0	90,2	$y = 10,56 + 3,25x - 0,033x^2$	0,9694

SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; ; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm.

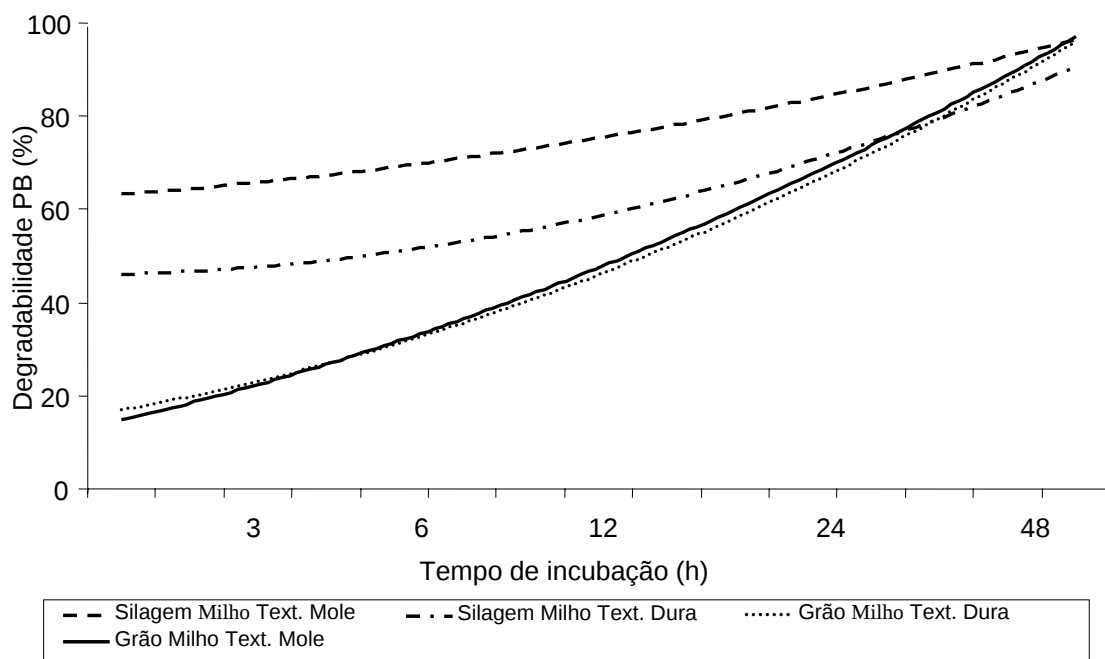


Figura 2. Desaparecimento (%) da proteína bruta dos grãos de milho textura dura e mole (seco e ensilado), submetidos a diferentes granulometrias.

Degradabilidade do amido do grão seco e ensilado de dois híbridos de milho (*Zea mays*), textura dura e mole, submetidos a três formas de processamento

RESUMO – Nesta pesquisa avaliou-se grãos de milho com textura dura e mole (ensilados e secos), submetidos a diferentes graus de moagem, através da degradação ruminal *in situ*. Determinou-se a granulometria do material onde foi verificada diferença no DGM (Diâmetro Geométrico Médio) dos grãos processados, quando submetidos à moagem com diferentes peneiras. Foram utilizados 3 ovinos, fistulados no rúmen, no delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em um esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e mole), duas formas de conservação e três formas de processamento (moído grosso, médio e fino). Houve diferença ($P < 0,05$) da fração solúvel (A) do amido comparando silagem de milho com textura mole e grão de milho com textura mole. O processo de ensilagem permitiu melhor ação de enzimas digestivas, sobretudo para o grão com textura mole. Observa-se efeito positivo da granulometria na degradabilidade efetiva do amido para taxa de passagem de 5%/hora, sendo que a moagem proporcionou maior desaparecimento deste. O processamento permitiu maior degradação efetiva do amido do grão de milho ensilado em relação ao grão de milho seco resultando em melhoria na degradabilidade do amido, demonstrando resultados positivos quando aliado a ensilagem.

Termos para indexação: silagem de grãos úmidos, degradação ruminal, granulometria, valor nutritivo.

Degradability of the starch of the dry and ensiled grain of two corn hybrids (*Zea mays*), flint and dent, submitted to three processing forms

ABSTRACT - This research evaluated corn grains with flint and dent texture (ensiled and dried), submitted to different grinding degrees, through the *in situ* ruminal degradation technic. Was determined the material particles size where difference was verified in DGM (Medium Geometric Diameter) of the processed grains, when submitted to the grinding with different sieves. Tree adult sheeps were used, rumen canulated, distributed in experimental design in completely randomized blocks, using a factorial outline 2 x 2 x 3, being two corn hybrid (flint and dent), two conservation methods and three processing forms (whole, coarsely and finely ground. There was difference ($P < 0,05$) of the soluble fraction (A) of the starch comparing soft texture corn silage with soft texture corn grain. The silage process allowed better action of digestive enzymes, above all for the grain with soft texture. Positive effect of the particles size is observed in the effective starch degradability for passage tax of 5%/hour, and the grinding provided larger disappearance of this. The processing allowed a larger degradation of the corn grain starch in relation to the dry corn grain resulting in improvement in the starch degradability, demonstrating positive results when ally the silage.

Index terms: high moisture grain, degradation ruminal, particle size, nutritive value.

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, POTTER, e RIGGS, 1971). Segundo ROONEY e PFLUGFELDER (1986), a interação proteína-amido pode reduzir a suscetibilidade do amido, processado ou não, à hidrólise enzimática.

O processamento aumenta o acesso aos grânulos de amido pela redução do tamanho de partícula ou agindo no endosperma para solubilizar ou desnaturar a proteína gelatinizada que solidifica estes grânulos (OWENS et al., 1986).

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).

A influência do processamento na digestibilidade do amido tem sido estudada por diversos autores (HERRERA-SALDAÑA et al., 1990), porém ainda não se chegou a um consenso a respeito do ponto ótimo de processamento. O que se concluiu a pouco tempo é que ocorrem alterações na digestibilidade e na utilização de energia digestível influenciada pelo tipo de processamento, estágio de maturidade, tipo e variedade de grão (NRC, 1996). Além disso, o processamento de grãos como o milho e o sorgo expõem os grânulos de amido à digestão (BEAUCHEMIN et al., 2001), facilitando através de fissuras o ataque das enzimas e da população microbiana (KOTARSKY et al., 1992), melhorando a utilização do amido (THEURER, 1986).

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,

enquanto McNEILL et al., (1975) sugere 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 protéica do endosperma é rompida, permitindo o acesso mais fácil das enzimas ao grânulo de amido.

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).

Uma possível explicação para a ocorrência desse incremento na degradação seria a separação dos grânulos de amido da matriz protéica, expondo-os ao ataque dos microrganismos do rúmen. Verifica-se que o processamento aumentou a fração de amido rapidamente degradado no rúmen. Segundo NOCEK (1987), o rompimento da estrutura cristalina dos grânulos de amido aumenta a sua solubilidade tornando-os mais acessíveis à degradação.

LOPES et al. (1999), avaliando o uso da silagem de grãos úmidos de milho, relataram melhor digestibilidade deste alimento, quando comparado com o milho grão seco. Os autores sugerem que este fato poderá ser consequência do processo fermentativo no silo, ocorrendo uma eventual gelatinização parcial do amido e causando maior eficiência no ataque das enzimas nas partículas úmidas do milho.

LIMA et al. (1998), concluíram que a fermentação anaeróbica, ocorrida durante o processamento da silagem de grãos úmidos, propicia um produto com maior disponibilidade de energia do que o milho grão seco.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos dos processamentos de grãos de milho na forma de silagem e seco de dois híbridos de milho moídos em diferentes granulometrias sobre a degradabilidade do amido.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Experimental de Pesquisa e Produção da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP – Campus de Botucatu.

O delineamento experimental proposto foi o inteiramente casualizado, com arranjo fatorial de tratamentos do tipo 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e mole), dois métodos de conservação (grão seco e grão ensilado) e três formas de processamento (moído grosso, moído médio, moído fino).

Os híbridos utilizados foram o AG 4051 (textura mole) e BAYER 3663 (textura dura) nos teores de umidade de 28% (ensilado) e 13% (seco), submetidos a diferentes graus moagem.

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

Neste momento utilizou-se o equipamento destinado ao enchimento de silos tipo “bag” (BOELTER, modelo OB 20). Alterando-se a regulagem deste equipamento, foi possível conseguir três granulometrias distintas. A utilização de peneiras foi dificultada pela umidade presentes nos grãos no momento da ensilagem. Para o processamento dos grãos secos de milho, acoplaram-se ao desintegrador as peneira de 8 mm, 10 mm e 12 mm, obtendo-se granulometrias diferenciadas para compor os tratamentos.

Depois de moído, o material foi acondicionado em baldes de PVC (20 cm de diâmetro com 40 cm de altura), com capacidade para aproximadamente 22 kg, sendo devidamente vedado por um período de 45 dias.

No momento da abertura dos silos foram feitas amostragens para análise da composição química da silagem (MS, PB, FDN, FDA, ENN, NDT), segundo metodologia de SILVA (1991).

Aproximadamente 500 g de material foram coletadas e submetidas à secagem em estufa à temperatura de 105° C por 24 horas. Em seguida, determinou-se a granulometria de acordo com a metodologia descrita por ZANOTTO e BELLAYER (1996).

O experimento de degradabilidade foi conduzido no setor da Unidade Animal de Estudos Digestivos e Metabólicos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP - Campus de Jaboticabal.

Para a avaliação da degradabilidade ruminal foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com três repetições, em um esquema fatorial 2 x 2 x 3, sendo dois híbridos de milho (textura dura e mole), dois métodos de conservação e três formas de processamento (moído grosso, moído médio, moído fino).

Foram utilizados 3 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 75 dias o período experimental.

Os animais receberam dieta composta de volumoso e concentrado na relação de 40:60 na matéria seca. Utilizou-se o feno de coast cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) como volumoso, que era triturado no momento do fornecimento (com média de 14 % de MS). O alimento foi fornecido duas vezes ao dia (7 e 17 horas) na quantidade equivalente a 2,0% PV em MS. O volumoso e concentrado utilizados encontra-se descrito na Tabela 1.

A Tabela 2 apresenta a composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos tratamentos para o ensaio de degradabilidade.

Foi utilizada a técnica de degradação ruminal *in situ* proposta por ØRSKOV e McDONALD (1979), utilizando-se sacos de náilon, 100% poliamida, medindo 14,00 cm x 7,00 cm, com poros de 50 microns.

Os tempos de incubação empregados tiveram a duração de 3, 6, 12, 24 e 48 horas, sendo que os sacos correspondentes a cada horário foram inseridos no rúmen, sempre e imediatamente após as refeições, de modo que os sacos relativos ao horário seguinte somente foi inserido 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 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.

Das amostras dos alimentos que restou 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 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:

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

Onde:

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

Resultados e Discussão

Na Tabela 3, observa-se a variação no tamanho das partículas do milho quando submetido a diferentes graus de moagem, confirmando os dados obtidos por ZANOTTO e BELLAYER (1996).

Observa-se que na forma de grão seco, o processo de moagem proporcionou uma maior padronização da granulometria. O milho com textura dura permitiu obter

DGM (Diâmetro Geométrico Médio) mais aproximados. Observa-se que o grão seco apresenta melhor fluxo pelo desintegrador, permitindo moagem mais eficiente.

O material ensilado, devido a maior umidade no momento do processamento, apresentou dificuldade em se utilizar as peneiras de 8, 10 e 12 mm. Razão pela qual optou-se por utilizar o equipamento para enchimento de silos tipo bag.

Na Tabela 4, encontram-se os valores das frações A, B, C, a taxa de degradação (kd) e as degradabilidades potencial (DP) e efetivas (DE) do amido do milho com textura dura e mole (seco ou ensilado).

A fração solúvel (A) do amido da SMM (silagem do grão de milho mole) com valor de 34,49% foi superior ($P < 0,05$) ao GMM (grão de milho mole), que apresentou valor de 19,87%. Esta melhor degradabilidade da fração A, representa um acréscimo de 73,6% no desaparecimento desta fração.

Observou-se também, diferenças de degradabilidade quanto à granulometrias adotadas. O processo de ensilagem otimizou a ação dos microorganismos ruminais sobre o material, o que pode ser atribuído aos ácidos orgânicos que são produzidos durante o processo fermentativo no silo (TONROY et al., 1974; GOODRICH et al., 1975; BRANDT et al., 1985; MADER et al., 1991; STOCK et al., 1991).

Observa-se diferença significativa para o desaparecimento da fração A da SMM (34,49%) quando comparada com a degradabilidade desta fração para SMD (10,61%); o que representa um acréscimo de 225% quando se ensila o grão de milho com textura mole. Isto reforça a hipótese de que a textura mole do grão proporciona maior ação dos microorganismos ruminais sobre o material ensilado. De acordo com PEREIRA et al., (2004), híbridos de textura dura no qual endosperma de vitreosidade alta são predominantes, pode representar acentuada redução na degradabilidade ruminal.

Para a fração insolúvel potencialmente degradável (B), não ocorreu diferença estatística para a degradabilidade nas diferentes granulometrias ou para as formas de conservação (silagem e grãos) do milho com textura dura.

MARTINS et al., (1999) e ZEOULA et al., (1999) constataram baixa degradabilidade ruminal do grão de milho, que foi atribuída a presença da matriz protéica ao redor do grânulo de amido 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. ZEOULA et al., (1999) verificaram degradabilidade efetiva do amido do grão de milho de apenas 57,8%.

No presente trabalho, encontrou-se valor de degradabilidade efetiva na ordem de 42,36% para o GMD e 51,84% para a SMD (22,38% a mais para SMD), enquanto que para a textura mole, obteve-se valores de 69,31% e 51,38% para SMM e GMM, respectivamente; o que representa um aumento de 34,9% na degradabilidade efetiva do amido para SMM, demonstrando que o grão com textura mole permite uma melhor ação das enzimas digestivas descritas por estes autores.

Ao comparar-se SMM e SMD, observa-se que o milho com textura mole apresentou melhor degradabilidade do amido (69,31% contra 51,84% respectivamente), o que pode ser explicado pelo rompimento da estrutura cristalina dos grânulos de amido, que aumenta a sua solubilidade tornando-os mais acessíveis à degradação, estando de acordo com Nocek (1987) citado por MORON (2000). De acordo com PHILIPPEAU e MICHALET-DOREAU (1997), a textura do grão tem papel principal na degradação do amido.

Conforme HUNTINGTON (1997) os métodos de processamento como a floculação e os grãos de alta umidade aumentam a digestibilidade ruminal do amido do

milho e sorgo, entretanto, a cevada, trigo e aveia não se beneficiam tanto com o processamento, pois já apresentam valores elevados de digestibilidade ruminal.

Observa-se que nas granulometrias, o milho com textura mole moído médio e ensilado apresentou melhor degradabilidade efetiva do amido (77,52%). Em comparação, nessa mesma textura (mole) para grão seco, a moagem grossa propiciou melhor degradabilidade (58,60%), demonstrando novamente que esse incremento na degradação seria explicado pela separação dos grânulos de amido da matriz protéica, expondo-os ao ataque dos microorganismos do rúmen, aliado ao processo de ensilagem. Isto confirmou os dados obtidos por MORON et al., (2000). O processamento permitiu maior degradação efetiva do amido do grão de milho ensilado em relação ao grão de milho seco, confirmando que o processamento de grãos como o milho e o sorgo expõem os grânulos de amido à digestão (BEAUCHEMIN et al., 2001), facilitando através de fissuras o ataque das enzimas e da população microbiana (KOTARSKY et al., 1992), melhorando a utilização do amido (THEURER, 1986).

Observa-se maior desaparecimento do amido para SMM (Tabela 5 e Figura 1), sendo que a moagem não contribui para esta ocorrência.

Para o desaparecimento do amido da SMD e GMD, observa-se comportamento semelhante. Em ambas as texturas, a Figura 1 mostra que o desaparecimento apresenta acréscimo à medida que se eleva o tempo de permanência do material no rúmen.

Conclusões

1. Independente da textura, mole ou dura, a ensilagem é a melhor forma de conservação do grão de milho para alimentação de ruminantes, com relação a degradabilidade do amido.

2. Independente das formas de conservação, seco ou ensilado, o grão de milho de textura dura deve ser moído fino, com Diâmetro Geométrico Médio de 329,24 microns por proporcionar maior degradação ruminal, enquanto que para o de textura mole, o grau de moagem com Diâmetro Geométrico Médio de 684,43 microns é o mais indicado para ensilagem, e o de Diâmetro Geométrico Médio de 623,01 microns para grão seco.

Referências

- 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**, v.79, p. 1925-1934, 2001.
- BRANDT, B., STOCK, R., KREKEMEIER, K. 1985. Dry and high-moisture corn influence on finishing steers performance, digestion. **Nebraska Beef Cattle Report**, Lincoln. v.48, p.23-25.
- GOODRICH, R.D., BYERS, F.M., MEISKE, J.C. 1975. Influence of moisture content, processing and reconstitution on the fermentation of corn grain. **Journal of Animal Science**, 41(3):876-881.
- HALE, W.H. Influence of processing on the utilization of grains (starch) by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 73, n.4, p. 1075-1083, 1973.
- HERRERA-SALDAÑA, R.; GOMES-ALARCON, R.; TORABI, M.; HUBER, J.T. Influence of synchronizing protein and starch degradation in the rumen on nutrient utilization and microbial protein synthesis. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 142-151, 1990.
- HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v.75, p.852-867, 1997.
- KOTARSKI, K.K.; WANISHA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **Journal of nutrition**, v. 122, 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, PE. **Anais...**Recife: ABMS, 1998. p. 125-127.

LOPES, A.B.R.; BERTO, D.A.; COSTA, C. 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.; BERTO, D.A.; COSTA, C., MUNIZ, M.H.B. e Rosa, G.J.M. Silagem de grãos úmidos de milho para suínos nas fases de crescimento e terminação. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa – SP, v. 58, n. 2, p. 191-200, 2001.

MADER, T.L., DAHLQUIST, J.M., BRITTON, R.A. et al. 1991.Type and mixtures of high-moisture corn in beef cattle finishing diets. **Journal of Animal Science**, 69(9):3480-3486.

MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. 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**, v.28, n.5, p.1109-1117, 1999.

McDONALD, I. A revise model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-52, 1981.

McNEIL, J.W.; POTTER, G.D.; RIGGS, J.K. Ruminal and postruminal carbohydrate utilization in steers fed processed sorghum grain. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.33, n.6, p.1371-1374, Dec. 1971.

McNEILL, J.W.; POTTER, G.D.; RIGGS, J.K.; ROONEY, L.W. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. **Journal of Animal Science**, v.40, n.2, p.335-341, 1975.

MORON, I. R.; TEIXEIRA J. C.; OLIVEIRA, A. I. G.; PEREZ J. R. O.; OLIVEIRA, J. S. E. Cinética da digestão ruminal do amido dos grãos de milho e sorgo submetidos a

diferentes formas de processamento. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v.24, n.1, p.208-212, jan./mar., 2000. Dissertação de Mestrado apresentada à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, DC). Requirements domestic animals. In.: National Research Council (Washington, DC. **Nutrients Requirement of Beef Cattle**. 7. rev., ed. Washington, DC: 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, may. 1987.

ØRSKOV, E. R.; Mc DONALD, L. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 499-503, 1979.

ØRSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. *Journal of Animal Science*, v.63, n.1, p.1624-1633, 1986.

OWENS, F. N; ZINN, R.A.; KIM, Y.K. Limits starch digestion in the ruminant small intestine. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.1, p.1634-1648, 1986.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. H.; GILL, D. R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a Review. **Journal of Animal Science**, v. 75, n.1, p.868-879, 1997.

PEREIRA, M. N.; PINHO, R. G. V.; BRUNO, R. G. S.; CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v. 61, n.4, p.358-363, July/August, 2004.

PHILIPPEAU, C., e MICHALET-DOREAU B. 1997. Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation. **Anim. Feed Sci. Technol.** 68:25-35.

POORE, M.H.; ECK, T.P.; SWINGLE, R.S.; THEUREN, C.B. Total starch and relative starch availability of feeds grams. 20^a Biental Conference on Rumen Function. Chicago, 1989.

ROONEY, W.L., PFLUGFELDER, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v.63, n.1, p.1607-1623, 1986.

SAEG (SISTEMA para ANÁLISE ESTATÍSTICA e GENÉTICA). Viçosa: Universidade Estadual de Viçosa. *Central de Processamento de Dados*, 1983. 68p.

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

STOCK, R.A., SINDT, M.H., CLEALE, R.M., et al. 1991. High-moisture corn utilization in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, 69(4):1645-1656.

STREETER, M. N.; WAGNER, D. G.; HIBBERD, C. A.; OWENS, F. N. Comparison of corn with four sorghum grain hybrids: site and extent of digestion in steers. **Journal of Animal Science**, v.68, n.1, p.3429-3440, 1990.

THEURER, C.B.. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n.1, p.1649-1662, 1986.

TONROY, B. R.; PERRY, T. W.; BEESON, W. M. Dry, ensiled high-moisture, ensiled reconstituted high-moisture and volatile fatty acid treated high moisture corn for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.39, n. 5, p. 931-936, 1974.

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

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

Tabela 1. Composição da ração basal utilizada no experimento de degradabilidade (% na matéria seca)

Alimento	kg	PB	NDT	FDN	Ca	P
				%		
Feno de Coast cross	90	9	50,4	69,48	0,45	0,27
Farelo de Canola	10	4	7,5	3,072	0,07	0,11
Total	100	13	57,9	72,55	0,52	0,38

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

Ingredientes	Parâmetros				
	MS	PB	EE	NDT	FDN
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
SMD – Gr	76,49	11,21	9,27	83,13	15,90
SMD – Md	76,64	11,31	7,93	84,60	15,00
SMD – Fn	76,98	11,07	8,84	83,50	15,60
SMM – Gr	73,28	10,70	7,26	83,22	15,80
SMM – Md	74,16	11,26	6,53	83,12	15,52
SMM – Fn	73,29	11,12	6,82	82,59	15,50

GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm; SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino.

Tabela 3. Tamanho de partículas de milho de acordo com o processamento

Ingrediente processado	DGM (Diâmetro Geométrico Médio - μm)
SMM - Gr	771,82
SMM - Md	648,43
SMM - Fn	594,12
SMD - Gr	1064,38
SMD - Md	681,61
SMD - Fn	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 Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm.

Tabela 4. Percentagens das frações solúvel (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indegradável (C), taxa de fermentação (kd) e degradabilidade potencial (DP) e efetiva (DE) para as taxas de passagem de 5%/h do amido

A											
MOLE						DURO					
27,18						10,76					
Forma			Grão			Forma			Grão		
Silagem 34,49 aA			19,87 bA			10,61 aB			10,92 aB		
Granulometria			Granulometria			Granulometria			Granulometria		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
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
B											
67,85						78,86					
Silagem 61,59 bB			Grão 74,12 aB			Silagem 78,58 aA			Grão 79,14 aA		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
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
C											
4,95						10,35					
Silagem 3,91			Grão 6,00			Silagem 10,78			Grão 9,92		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
5,13	2,58	4,03	5,91	6,37	5,74	11,34	10,27	10,74	13,83	6,70	9,23
Kd											
5,12						4,66					
Silagem 6,50			Grão 3,73			Silagem 5,75			Grão 3,56		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
7,60	6,73	5,16	3,79	4,23	3,17	5,66	5,13	6,47	2,72	3,69	4,28
DP											
87,82						78,60					
Silagem 93,02 a			Grão 82,62 b			Silagem 82,93 a			Grão 74,27 b		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
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											
60,35						47,10					
Silagem 69,31 aA			Grão 51,38 bA			Silagem 51,84 aB			Grão 42,36 bB		
G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
61,91 b	77,52 a	68,51 b	58,60 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 processamento dentro de textura, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). Valores nas linhas seguidos de letras maiúsculas diferentes para um mesmo processamento entre textura, diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm. SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; ; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm.

Tabela 5. Desaparecimento (%) do amido dos grãos de milho textura dura e mole (seco e ensilado), submetidos a diferentes granulometrias

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

SMD Gr = Silagem de milho duro moído grosso; SMD Md = Silagem de milho duro moído médio; SMD Fn = Silagem de milho duro moído fino; ; GMD Gr = Grão de milho duro moído com peneira 12 mm; GMD Md = Grão de milho duro moído com peneira 10 mm; GMD Fn = Grão de milho duro moído com peneira 8 mm; SMM Gr = Silagem de milho mole moído grosso; SMM Md = Silagem de milho mole moído médio; SMM Fn = Silagem de milho mole moído fino; GMM Gr = Grão de milho mole moído com peneira 12 mm; GMM Md = Grão de milho mole moído com peneira 10 mm; GMM Fn = Grão de milho mole moído com peneira 8 mm.

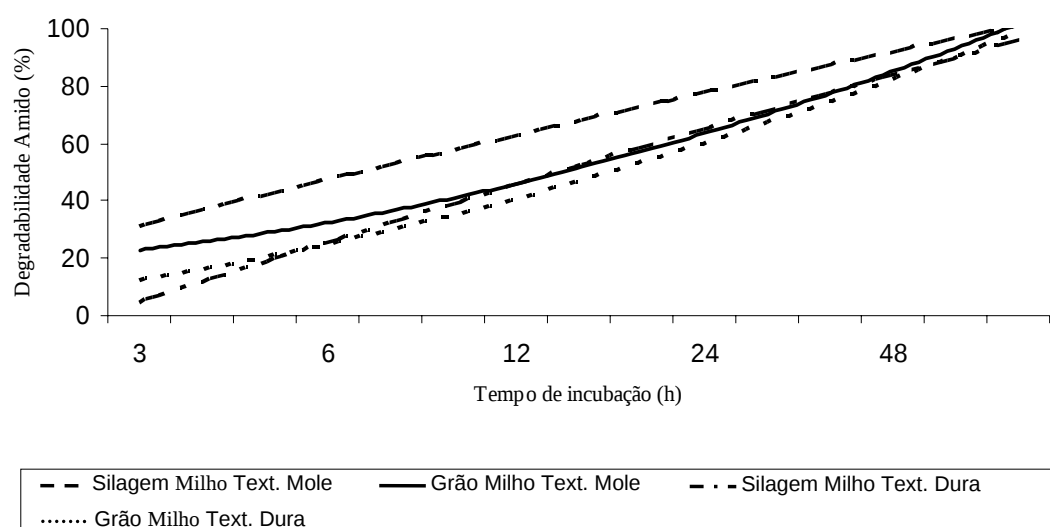


Figura 1. Desaparecimento (%) do amido dos grãos de milho textura dura e mole (seco e ensilado), submetidos a diferentes granulometrias

IMPLICAÇÕES

Para uma exploração racional dos animais é fundamental a adoção de adequado armazenamento e processamento dos grãos.

Vale ressaltar que o estudo da digestão parcial ou total das proteínas tem sido um dos principais focos de pesquisa, principalmente após a partição das diferentes frações protéicas.

A silagem se mostra uma prática eficiente no armazenamento de grãos para alimentação dos animais, disponibilizando nutrientes para ação enzimática e digestiva, sendo que esta forma de armazenamento pode facilmente ser absorvida pelo setor produtivo.

A moagem dos grãos proporciona melhor aproveitamento deste pelo animal, mostrando a necessidade de se incluir maior tempo de incubação no estudo de degradabilidade, para se avaliar o potencial máximo de degradação.