

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Julio de Mesquita Filho”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO
EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO FISIOLÓGICO E PROCESSAMENTO**

JOÃO PAULO FRANCO DA SILVEIRA

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, como parte
das exigências para a obtenção de título de
Mestre

Janeiro – 2009

Botucatu - SP

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Julio de Mesquita Filho”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO
EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO FISIOLÓGICO E PROCESSAMENTO**

JOÃO PAULO FRANCO DA SILVEIRA
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Ciniro Costa

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, como parte
das exigências para a obtenção de título de
Mestre

Janeiro – 2009

Botucatu – SP

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Silveira, João Paulo Franco da, 1980-
SS87c Consumo e digestibilidade de silagem de híbridos de milho em função do estágio fisiológico e processamento / João Paulo Franco da Silveira. - Botucatu: [s.n.], 2009. 40 f.: tabs.

Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2009

Orientador: Ciniro Costa
Co-orientador: Paulo Roberto de Lima Meirelles
Inclui bibliografia.

1. Cordeiro. 2. Milho - Colheita. 3. Digestibilidade. 4. Ensilagem - Processamento. I. Costa, Ciniro. II. Meirelles, Paulo Roberto de Lima. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

Ofereço a

Deus pela presença constante, e por todas as graças alcançadas durante minha vida.

Dedico

Aos meus pais José Roberto Franco da Silveira e Nilzemar Nascimento da Silveira que jamais mediram esforços para que eu tivesse uma formação pessoal e profissional, pelo amor, amizade, carinho e apoio irrestrito. Além das atitudes que me demonstraram a conduta e a dignidade a me espelhar.

A uma pessoa iluminada, grande amigo confidente meu irmão Thiago Franco da Silveira por ele fazer parte da minha vida.

A minha amiga e namorada Vivian Lo Tierzo, pelo apoio e compreensão ao longo dos anos.

Aos meus avôs Nilza da Cruz Nascimento, Sebastião Alves do Nascimento, Alda de Oliveira Franco, Álvaro Andrade da Silveira minha eterna gratidão.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa, pela confiança em mim depositada, orientação, aos conhecimentos transmitidos e liberdade de ação durante a realização do curso.

Ao apoio, co - orientação e amizade durante o curso dos Professores Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles.

Aos Professores Dr. Heraldo César Gonçalves e Prof. Dr. Francisco Stefano Wechsler, Dra. Carla Maris Bittar, Dra Margarida Maria Barros e Dra Kátia de Oliveira pelo apoio, ensinamentos e colaboração na realização das análises laboratoriais e estatísticas.

A equipe do laboratório Aquanutri pelo apoio durante o desenvolvimento do experimento.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Renato Monteiro da Silva Diniz e Elaine Cristina Nunes Fagundes Costa, pela amizade e colaborações na realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação - Posto de Serviço/Lageado Seila Cristina Cassineli Vieira e Danilo José Teodoro Dias, pela amizade e ajuda nos momentos difíceis.

Aos estagiários Aderson Mauricio Ifran, Caue Augusto Surge, Greiciane de Oliveira Lima, José Luiz Campanelli Bueno dos Reis, Priscila de Andrade, Rafael Belintani e Thiago Franco da Silveira pela imprescindível ajuda durante a execução do experimento.

Aos professores do Instituto de Zootecnia da UFRRJ, José Bonifácio Menezes, João Batista Rodrigues de Abreu, Luis Fernando Dias de Medeiros, Mauro Portela Piña Rodrigues, João Carlos de Almeida, Pedro Antonio Muniz Malafaia, Victor Cruz Rodrigues e Antônio Assis Vieira pelos conhecimentos transmitidos, apoio e incentivos para cursar a pós-graduação

Aos meus amigos desde a graduação, Thiago Gomes dos Santos Braz, Adenilson José Paiva, Otavio Rodrigues Machado Neto e Armando Martins, dos Santos por todo apoio e importante troca de idéias.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia: Pedro Persichetti Junior, Marco Aurélio Factori, Amanda Panichi, Samira Baldin, Ticiany Maria Dias Ribeiro, Marcela Buossi, Andressa Santana Natel e Juliana Galhardi Paes pela amizade, compreensão e ajuda que foram me dado durante o curso.

Enfim, a todos aqueles que de alguma maneira tenham contribuído para o sucesso do curso.

“Meu muito obrigado”.

Sumário

CAPÍTULO 1 -----	8
CONSIDERAÇÕES INICIAIS -----	9
LITERATURA CITADA -----	20
CAPÍTULO 2 -----	25
<i>CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO FISIOLÓGICO E PROCESSAMENTO</i> -----	26
Resumo -----	26
Abstract -----	27
Introdução -----	28
Material e Métodos -----	29
Resultados e Discussão -----	32
Conclusões -----	38
Literatura Citada -----	38
<i>Implicações</i> -----	41

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Pode-se definir silagem como o produto, obtido por meio da prática de ensilagem, resultante de processo específico de anaerobiose por acidificação do material armazenado no interior do silo. A área de cultivo de milho no Brasil, destinada à produção de silagem, é de, aproximadamente, 10% da área total, representando aproximadamente 1,25 milhões de hectares (Silva, 2002).

O uso de silagem, segundo Mülbach (1999), consiste em adequada recomendação para compensar a flutuação estacional do crescimento das pastagens, tornando a produção pecuária menos dependente das condições climáticas. Assim, a disponibilidade de alimento, na forma de silagem, apresenta importância estratégica para o pecuarista, uma vez que este poderá comercializar sua produção em período economicamente favorável.

O conhecimento do valor nutritivo da forragem ensilada é de extrema importância, uma vez que permite o planejamento nutricional, pois materiais homogêneos, de composição química mensurável, possibilitam a confecção de dietas equilibradas nutricionalmente. Pimentel et al. (1998) acrescentam que, para haver produção de silagem é necessário espécie forrageira com elevada produção de massa por unidade de área. Segundo Nussio et al. (2001), a forrageira mais utilizada para ensilagem é a planta de milho (*Zea mays*, L.), uma vez que sua composição bromatológica preenche requisitos fundamentais para confecção de boa silagem como: teor de matéria seca (MS) entre 30% a 35%, mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria original e baixo poder tampão, além de apresentar alto valor energético.

Pode-se classificar os híbridos de milho pela textura e aspecto do grão. Para Shull et al. (1990) a proporção de endosperma vítreo e farináceo é o principal fator para a definição da textura do grão em amiláceo (“floury”); dentado (“dent”); duro ou cristalino (“flint”); pipoca (“popcorn”); doce (“sweet”) e ceroso (“waxy”).

O grão de milho dentado possui endosperma cristalino nos lados e farináceo, no centro do grão, ao secar, o endosperma farináceo reduz o seu volume mais do que o endosperma duro, assim se origina a indentação, pelo enrugamento do endosperma livre de camadas córneas neste local. Já no grão duro o endosperma cristalino ocupa quase

todo o seu volume, sendo a proporção farinácea muito reduzida (Fornasieri Filho, 1992).

Os híbridos de textura dentada são minoria no mercado e correspondem a 5,4%, além de não serem bem aceitos pela indústria, normalmente estes híbridos são destinados a produção de milho verde e silagem. Em sentido oposto tem-se os híbridos de textura dura e semi-dura, destinados a produção de grãos, que correspondem a 32,91% e 48,10% respectivamente das sementes de milho comercializadas (Cruz & Pereira Filho, 2005).

Com relação à escolha dos híbridos destinados a ensilagem, inicialmente as pesquisas indicavam cultivares de porte alto, além de alta densidade de plantio, pois o objetivo era a produção de matéria verde. No entanto, a silagem é classificada como um volumoso energético e desta forma a escolha do híbrido deve considerar o potencial do híbrido em produzir grãos. Pois o grão é o dreno dos carboidratos, além de ser a parte mais digestível da planta e representar até 51% do material ensilado em híbridos com teor de matéria seca de 35% aproximadamente (Daccord et al., 1996; Thomas et al., 2001 e Caetano, 2001).

Em contra partida não podemos negligenciar a qualidade de fibra, já que esta exerce influencia direta sobre o consumo voluntário. O uso da silagem de milho em sistemas intensivos de alimentação de ruminantes proporciona elevado consumo voluntário e fornece altos teores de nutrientes digestíveis totais, resultando em bom desempenho para cordeiros em acabamento (Cunha et al., 2001). Deve-se destacar como principal entrave para a utilização da silagem de milho o seu custo de produção, o qual segundo Ximenes (1991) pode variar entre 30 e 60 dólares por tonelada de material original ensilado. No entanto, Almeida (2000) ressaltou que o alto custo da silagem de milho pode estar associado ao baixo nível tecnológico utilizado na cultura, gerando assim baixas produtividades, o que onera seu custo de produção.

Outro fator de influência direta sobre o custo de produção são os processos biológicos que ocorrem de forma indesejável e aumentam as perdas. Para Muck (1988) são quatro os principais processos biológicos que afetam negativamente a ensilagem: respiração da planta, atividade enzimática da planta, atividade clostrídica e ação de microrganismos aeróbios.

A colheita e picagem do material a ser ensilado não são suficientes para cessar processos biológicos da planta como a respiração. McDonald (1974) e Van Soest (1994) enfatizaram que a respiração prolongada causa perda de matéria seca (MS) e de carboidratos fermentescíveis. Tal fato é devido às células vegetais, que na presença de ar, continuam respirando, bem como os microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos presentes na forragem, que utilizam oxigênio para a degradação de substratos que seriam utilizados para fermentação láctica.

A redução de substrato limita a fermentação láctica dentro do silo dificultando a rápida diminuição do pH, sendo essa queda, importante para a redução da atividade proteolítica mediada por enzimas da própria planta, além de cessar o crescimento de microrganismos anaeróbios indesejáveis, particularmente, enterobactérias e clostrídios (Muck & Bolsen, 1991).

O calor gerado pela respiração, segundo ressaltou Van Soest (1994), pode aumentar a formação de “produtos de Maillard”, incluindo nitrogênio insolúvel em detergente ácido (N-FDA). Tal reação está relacionada à condensação de açúcares com aminoácidos, seguida da polimerização formando produto de coloração marrom com propriedades físicas semelhantes à lignina.

O estágio de desenvolvimento em que a planta de milho é colhida está diretamente relacionado à percentagem de MS e de grãos presentes na silagem, sendo estes, indicadores da qualidade da mesma. Assim, o teor de MS por ocasião da ensilagem é de fundamental importância para a qualidade da silagem.

Teores elevados de umidade, acima de 70%, estão correlacionados a características indesejáveis, pois favorecem o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, produtoras do ácido butírico, além de ter correlação negativa com a redução do pH. Portanto, quanto menor for o teor de MS maior será a dificuldade para reduzir de forma rápida o pH.

Segundo Nussio & Manzano (1999), teores de 30 a 35% de MS são obtidos nas plantas de milho no momento em que a consistência dos grãos estiver variando entre o estágio pastoso e o farináceo-duro, o que corresponde à visualização da linha de leite entre 1/3 e 2/3. Esses autores destacaram também que o corte da planta de milho com teores de MS entre 24 a 28% resulta em menor produção de massa seca e silagem de baixa qualidade, em função da fermentação indesejável e do baixo teor de grãos, apesar

do alto nível de açúcares solúveis. Igualmente, Lauer (1996a) associou teores de MS abaixo de 30% com perdas por lixiviação, baixa qualidade da silagem e redução no consumo pelos animais.

Pode-se destacar que o estágio ótimo de colheita do milho para a ensilagem, econômica e nutricionalmente, ocorre quando a quantidade de massa seca/ha é máxima e isto acontece quando o grão atinge seu estágio farináceo-duro, o que corresponderia ao teor de MS na massa ensilada variável entre 33 a 35%. Para Muck (1988) e Muck et al. (1991) esse teor de MS permite boa compactação do material a ser ensilado eliminando o ar e diminuindo o espaço vazio. Desta forma, esse teor de MS, permite boas condições de fermentação e conservação da silagem, propiciando máxima ingestão de forragem pelos animais. Entretanto, Thiago & Gill (1990) destacaram que a capacidade de ingestão pelo animal depende de vários fatores que interagem em diferentes situações de alimentação, comportamento animal e ambiente, sendo denominada ingestão voluntária a quantidade máxima de massa seca ingerida pelo animal espontaneamente.

Para Pires et al. (2000), o consumo de alimento possui grande importância dentro de sistemas de produção, visto que será a partir da ingestão de massa seca que ocorrerá o fornecimento da quantidade de nutrientes necessários para atender as exigências de manutenção e de produção dos animais. Além disso, os coeficientes de digestibilidade correlacionam-se diretamente ao desempenho animal, pois permitem calcular as quantidades aparentemente absorvidas dos alimentos no trato gastrintestinal (Ítavo et al., 2002).

O aumento da ingestão de massa seca foi verificada por Demarquilly (1994) em silagem de milho fornecida para bovinos, quando os teores de MS aumentaram em 25 pontos percentuais, de 20 para 45%, sem que a digestibilidade da matéria seca ensilada fosse alterada. Resultados semelhantes foram apresentados por Lauer (1996b) que verificou haver relação direta entre o aumento da produção de massa seca de silagem e do leite produzido à medida que se avança o estágio de desenvolvimento do milho.

Raymond et al. (1986), citados por Demarquilly (1994), observaram que cada aumento de cinco pontos no teor de MS do milho, num intervalo entre 25 a 35%, corresponderia, em média, a 5,7% no aumento do teor de grão e 4% na velocidade de crescimento de novilhos. Lavezzo et al. (1997) enfatizaram razoável flexibilidade

quanto à escolha do momento de corte, em função da manutenção da composição bromatológica do material.

O teor de MS da silagem depende do estágio fisiológico da planta no momento da tomada de decisão para a colheita. A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) representa a fração de carboidratos estruturais dos alimentos e está relacionada à regulação da ingestão, taxa de passagem e ruminação.

Para Van Soest (1994) quando a FDN está presente em concentrações maiores que 55-60% na dieta é a variável mais consistentemente correlacionada com o consumo de massa seca de uma espécie forrageira. Em gramíneas tropicais estes valores são freqüentemente ultrapassados alcançando, em estádios de maturação avançada, valores de até 75-80% (Moore & Mott, 1973). Desta forma a colheita não deve estar baseada apenas no teor de MS da massa a ser ensilada, mas também, e de forma complementar, no momento que o teor de FDN estiver diluído pelo aumento do teor de amido decorrente do enchimento do grão.

Segundo Fahl et al. (1994), o posicionamento da linha do leite demonstrou ser característica facilmente visível para o acompanhamento do processo de maturação e avaliação da umidade do grão. Lauer (1999) destacou ainda que a evolução da linha de leite no grão é o principal indicador do teor de MS da planta inteira.

Neste sentido Fairey & Daynard (1978), citados por Almeida (2000), destacaram que plantas bem nutridas após o enchimento dos grãos e o acúmulo de matéria seca iniciam a secagem das brácteas, sendo esta fase forte indicativo do término de prioridade de translocação de nutrientes para a espiga e fechamento do grão.

A elevada concentração de fibra é associada à baixa densidade energética e a repleção ruminal, que limita a ingestão e reduz o desempenho animal. Em contrapartida, dietas com baixa concentração de fibra, também podem resultar em menor ingestão total de MS, pois as exigências energéticas são supridas com níveis mais baixos de ingestão (Van Soest & Mertens, 1984). Neste contexto, Mertens (1996) destacou que dietas com baixo nível de fibra resultam em fermentação ruminal sub-ótima, além de aumentar os riscos de acidose, desafiando o desempenho e a saúde animal.

O consumo é parâmetro fundamental a ser considerado na formulação de dietas, pois é a medida mais associada ao desempenho animal, sendo o primeiro ponto determinante de obtenção de nutrientes, principalmente proteína, e produção de energia

necessários ao atendimento das exigências de manutenção e produção animal (Noller et al., 1996). Portanto, as características físicas e/ou químicas do alimento podem afetar positiva ou negativamente a ingestão. Deste modo, Conrad et al. (1964) e Baumgardt (1970) destacaram que, para se entender a regulação de consumo que venha atender as exigências nutricionais diárias, devem ser considerados fatores físicos, fisiológicos e de comportamento animal.

O aumento do consumo de massa seca pode ser relacionado ao aumento na taxa de passagem. Segundo Lechner-Doll et al. (1991), a taxa de passagem no rúmen aumenta com a redução no tamanho de partículas. Fato igualmente verificado por Teixeira et al. (2007) que ao substituírem a silagem de milho pela casca de café in natura, observaram aumento no consumo de massa seca e atribuíram tal resposta a possível redução no tamanho de partículas nas dietas.

Dentre os volumosos, a silagem de modo geral, quando comparada a outros volumosos de conteúdo de FDN e digestibilidade similares apresenta menor consumo. Fato que tem sido atribuído aos produtos da fermentação, os ácidos orgânicos estão relacionados a redução da aceitabilidade da silagem, quebra de proteína na forma de amônia, mudança na estrutura física do material ensilado e redução do pH também são fatores relacionados a redução do consumo (Minson, 1990; Rooke, 1995; Charmley 2001).

Para McDonald (1993) o consumo é um dos fatores que influenciam a digestibilidade. Além deste, o autor também destacou a proporção e a digestibilidade da parede celular, a composição da dieta, o preparo dos alimentos e os fatores dependentes dos animais e do nível nutricional. Em complemento, Merchen (1997) destacou o local da digestão, a natureza dos produtos finais absorvidos e a extensão dos nutrientes perdidos durante o processo. Em contrapartida, para Coelho da Silva & Leão (1979) a digestibilidade dos nutrientes depende das características do alimento e não do animal.

Os ruminantes apresentam dois tipos de digestão a microbiana e a enzimática. A digestão microbiana ocorre em um compartimento do estômago denominado rúmen, esta digestão é um processo contínuo, sinérgico e dinâmico que influencia a fermentação dos componentes da dieta, determinando os produtos que passam para o intestino delgado (Cañizares, 2007). A intensidade deste processo é dependente,

segundo Nocek & Tamminga (1991), da fonte, quantidade e qualidade do alimento ingerido pelo animal, além da taxa de passagem e processamento dos grãos.

A digestão do amido pode resultar em diferentes produtos dependendo do local de digestão. A digestão ruminal proporciona a produção de ácidos graxos voláteis, dos quais o propionato contribui para a síntese de glicose no fígado a qual é prioritariamente utilizada pelo sistema nervoso. Porém se o local de digestão do amido for o intestino delgado teremos a formação de glicose, a qual será absorvida e utilizada no metabolismo visceral.

De acordo com Van Soest (1994), a digestão pode ser definida como o processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples, que podem ser absorvidos a partir do trato gastrintestinal. Os valores de digestibilidade dos nutrientes servem para caracterizar os alimentos quanto ao seu valor nutritivo, sendo sua avaliação fundamental para que se possa quantificar a absorção dos nutrientes, gerando condições adequadas de avaliação de dietas, além de aumentar sua eficiência de uso. Para Melo et al.(2008) a digestibilidade dos nutrientes é a forma primária de determinação do valor energético dos alimentos, na forma de nutrientes digestíveis totais (NDT), a partir do qual pode-se estimar as concentrações de energia digestível, metabolizável e líquida.

Na avaliação de alimentos para ruminantes utiliza-se o coeficiente de digestibilidade aparente, determinado pelo método convencional de coleta total de fezes, e implica em quantificar os nutrientes ingeridos e suas respectivas proporções eliminadas nas fezes (Coelho da Silva & Leão 1979). Porém, a digestibilidade dos nutrientes ainda pode ser estimada por meio de indicadores internos, presentes nos alimentos e nas fezes. Para Astigarra (1997) o método de indicadores internos é embasado no fato de que à medida que o alimento transita pelo trato gastrintestinal a concentração do indicador aumenta progressivamente, pela remoção de outros componentes, por digestão e absorção.

A lignina foi destacada por Jung & Allen (1995) como um dos principais fatores que podem limitar a digestão dos polissacarídeos da parede celular. A influência negativa da lignina sobre a fração fibrosa do alimento pode ser confirmada pelo alto teor de fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) no seu resíduo. Deste modo, Berchielli et al. (2000), destacaram que a fibra indigestível em detergente neutro ou ácido, após

144 horas de incubação *in vitro* ou *in situ*, tem sido largamente utilizada em estudos de digestibilidade.

Carboidratos

Os vegetais, por meio da fotossíntese, são capazes de transformar energia radiante em energia química. Magalhães (2006) concluiu que a reação entre gás carbônico (CO_2) e água (H_2O) dá-se exclusivamente em presença de luz e é confinada aos cloroplastos. Como resultado desta reação tem-se a produção de oxigênio (O_2), o qual é liberado para o meio, e de energia química, que por sua vez participa da síntese de carboidratos de reserva.

Nos vegetais, o polissacarídeo de reserva mais comum é o amido. Os autores Swinkels (1985) e Franco (1993) destacaram que o amido, depois da celulose, é o componente mais abundante processado pela célula vegetal, ocorrendo como grânulos insolúveis em água, cujo tamanho e forma variam de acordo com a espécie e a maturidade da planta.

O amido é armazenado no endosperma e composto de dois polímeros: amilose e amilopectina, que são empacotados como grânulos cristalinos nos amiloplastos. A proporção destas moléculas no grânulo é controlada geneticamente e varia entre os cereais (Lopes & Larkins, 1993). Segundo Cummings & Englyst (1995) a amilose representa de 20 a 30% e a amilopectina com 70 a 80% do total de amido, as quais são compostas por unidades de D-glicose.

A amilose é constituída por centenas de moléculas de glucose associadas entre si de forma não ramificada. A ligação entre as moléculas efetua-se entre o carbono 1 de uma molécula de glucose e o carbono 4 da molécula seguinte, essa ligação é do tipo glicosídicas α 1,4 o que confere à cadeia de amilose seu enrolamento em hélice. Desta forma, Carrapiço (2001) associou a amilose como forma especial de maltose. No caso da amilopectina, este composto é formado por cadeias lineares de 20 a 25 unidades de D-glicose com ligações do tipo α -1,4 e cadeias laterais ramificadas constituídas a partir de ligações glicosídica do tipo α -1,6 (Manners, 1989).

O valor nutricional do milho é limitado principalmente pela estrutura física do endosperma, o qual representa cerca de 83% do peso do grão e de modo geral, é

constituído de complexa mistura de grânulos de amido e corpos protéicos, 90 e 10%, respectivamente (Lopes, 1989; Mittelman, 2001; Gibbon & Larkins, 2005). Em complemento, Duvick (1961) ressaltou que a estrutura física do endosperma depende do tipo de interação entre estes componentes e que as proteínas de armazenamento desempenham papel importante na estrutura física do grão maduro. Desta forma, pode-se relacionar variações na estrutura física do grão, dentre outros fatores, a espessura da matriz protéica em contato com os grânulos de amido e a força de adesão entre a matriz protéica e os grânulos de amido.

No grão de milho, o endosperma farináceo tem alta proporção de amilose e o endosperma duro é associado com a amilopectina. Os grânulos de amido são estruturas intracelulares parcialmente cristalinas. No entanto, pontes de hidrogênio são mais fortes nas cadeias de amilose com alto grau de polimerização, tornando essa região do grão com alta força de cristalização, a qual também é caracterizada como a zona mais espessa do grão.

A forma e a estrutura cristalina dos grânulos de amido são características de cada vegetal e podem ser visualizadas por meio de padrões de difração de raios X, sendo divididos em três tipos: A, B e C. Os autores Menezes & Lajolo (2002) descreveram os tipos como: A – cadeias com 23 a 29 moléculas de glicose, encontrado usualmente nos cereais; B – cadeias com 30 a 44 moléculas de glicose, observado em alguns tubérculos, na banana verde e em amidos de milho com alto teor em amilose e C – cadeias com 26 a 29 moléculas de glicose, típicos de leguminosas e sementes.

Segundo Menezes & Lajolo (2002), quando moléculas de amilose associam-se com lipídeos no grânulo de amido, tem-se o tipo V, que é parcialmente resistente à digestão. Cada tipo de grânulo apresenta diferentes graus de digestibilidade com α -amilase pancreática e, de modo geral, os tipos B e C tendem a ser mais resistentes à degradação enzimática.

Segundo Rooney & Pflugfelder (1986), a região cristalina ou micelar é primeiramente composta de amilopectina, sendo esta a principal responsável pela organização o que, conseqüentemente, aumenta a resistência à entrada de água e a atividade enzimática desta área. Já a região amorfa rica em amilose e menos densa que a cristalina, permite maior movimentação da água e, por conseqüência, maior atividade hidrolítica das amilases. No entanto, a digestibilidade do amido é inversamente

proporcional ao teor de amilose, devido à maior formação de pontes de hidrogênio entre a amilose e a matriz protéica, desta forma pode-se destacar que a maior digestão do amido está relacionada a fragilização da matriz protéica dos grânulos de amido e não a organização das moléculas nas diferentes regiões (Demarquilly & Andrieu, 1996; Carrapiço, 2001 e Jobim et al. 2003).

Além da estrutura e tipo do amido, existem diversos fatores que interferem no aproveitamento dos carboidratos. Segundo Cummings & Englyst (1995) e Björck (1996) o processamento do alimento é fator de alta importância na disponibilidade do amido. FAO/WHO (1998) enfatizou que o armazenamento do alimento é tão importante quanto o processamento para a disponibilidade do amido. Deste modo, destacam-se como fatores relevantes para o aproveitamento dos carboidratos o grau de geilificação, tamanho de partícula, teor de lipídios, proteínas, além do conteúdo de amilose, interação amido nutriente e teor de amido resistente.

A organização da área cristalina pode ser desestruturada pelo fenômeno denominado geilificação. Biliaderis (1991) atribuiu mudanças irreversíveis na estrutura do grânulo e perda de birrefringência a geilificação. O amido é insolúvel em água sendo necessário para que ocorra a interação entre quantidade de água, tempo e temperatura de armazenamento do alimento. Quando a dispersão aquosa de amido é aquecida progressivamente, ocorre o início da fusão das regiões cristalinas do grânulo. Com a continuidade do aquecimento, o amido se hidrata e incha de forma irreversível, a viscosidade aumenta e a dispersão se torna transparente, esse fenômeno é denominado geilificação.

Segundo Lobo & Silva (2003) quando a dispersão de amido geleificado é esfriada, ocorre recristalização, processo chamado retrogradação. As moléculas de amilose se aproximam mais rapidamente que as de amilopectina, formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio. Durante a retrogradação as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, obrigando a água a sair e determinando, assim, a chamada sinérese. Os polímeros da amilopectina retrogradada, limitados pela sua estrutura ramificada, são menos firmemente ligados que os da amilose retrogradada, conferindo a esta última maior resistência à hidrólise enzimática. O reaquecimento reduz o conteúdo deste tipo de amido em batatas, mostrando que a retrogradação é um fenômeno reversível.

Conforme citado, a composição básica do amido é a glicose. Na estruturação deste polissacarídeo a glicose está associada entre si por meio de ligações glicosídicas. No caso da celulose esta ligação faz-se por meio de ligações glicosídicas do tipo β -1,4 e constitui, o componente principal da parede celular dos vegetais.

Segundo Blas & Gidenne (1998), a cutícula que reveste o grão de milho é um dos fatores que promovem redução na digestibilidade, visto que esta cutícula protege as moléculas de amido das enzimas amilolíticas. Assim, a remoção ou quebra da cutícula, por meio de processamento, pode aumentar a área de exposição do amido às enzimas e conseqüentemente, melhorar a digestibilidade. Segundo Menezes & Lajolo (2002) a integridade da parede celular exerce importante função na utilização do amido, atuando como barreira física que dificulta o entumescimento, a completa geleificação dos grânulos e a ação das enzimas digestivas sobre o amido.

A maior digestibilidade do grânulo de amido da mandioca quando comparado ao do milho é atribuída, dentre outros fatores, a maior exposição a ação das enzimas amilolíticas devido aos grânulos de amido da mandioca não se apresentarem envolvidos por cutícula. Entretanto, Zeoula & Caldas Neto (2001) enfatizaram que a maior capacidade de expansão do amido da mandioca, em relação ao amido do milho, pode estar relacionada à menor quantidade de amilose, uma vez que a amilose esta presente apenas na região amorfa, formando menos pontes de hidrogênio com a amilopectina e à menor formação de complexos lipídeos-amilose.

Com base nas informações apresentadas, o capítulo 2, intitulado “Consumo e Digestibilidade de Silagem de Híbridos de Milho em Função do Estádio Fisiológico e Processamento” está redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, J. C. C. Características agronômicas e das silagens de milho e sorgo cultivados em quatro densidades de semeadura. 80 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, 2000.
- ASTIGARRA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 1997. p.1-23.
- BAUMGARDT, B.R. Regulation of feed intake and energy balance. In: Philipson, A.T. (Ed.) *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Newcastle-upon-Tyne: Oriel Press, 1970. p.235-253.
- BERCHIELLI, Telma Teresinha; ANDRADE, Pedro de and FURLAN, Claudia Lopes. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *R. Bras. Zootec.* [online]. 2000, v. 29, n. 3, pp. 830-833. ISSN 1516-3598.
- BILIADERIS, C.G. The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal Physiology Pharmacology*, 69:60-78, 1991.
- BJÖRCK, I. Starch: nutritional aspects. In: A-C Eliasson. *Carbohydrates in food*, Marcel Dekker Inc., p.505-553, 1996.
- BLAS, E., GIDENNE, T. Digestion of starch and sugars. In: DE BLAS, C.; WEISEMAN, J. (Ed.). *The nutrition of rabbit*. Wallingford: CABI Publishing, 1998. p. 17-38.
- COELHO DA SILVA, J.F., LEÃO, M.I. 1979. *Fundamentos da nutrição de ruminantes*. 1.ed. Piracicaba: Livroceres. 380p.
- CONRAD, H.R., PRATT, A.D., HIBBS, J.W. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I - Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci.*, 47(1):54-62.
- CUMMINGS J. H., Englyst H. N. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *Am. J. Clin. Nutr.* 1995;61:938S-945S
- CUNHA, E. A.; BUENO, M. S.; SANTOS, L. E. et al. Desempenho e características de carcaça de cordeiros Suffolk alimentados com diferentes volumosos. *Ciência Rural*, Santa Maria v. 31, n. 4, p. 671-676, 2001.
- DACCORD, R.; ARRIGO, Y.; VOGEL, R. Nutritive value of maize silage. *Revue Suisse d' agriculture*, Nyon, v. 28, n. 1, p. 17-21, 1996.

- DEMARQUILLY, C. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. INRA: Production Animal, França v. 7, n. 3, p. 177-189, 1994.
- DEMARQUILLY, C.; ANDRIEU, J. Quelques rappels sur les mesures effectuées pour connaître la valeur nutritive des ensilages de maïs. In: Colloque maïs ensilage, 1996, Nantes-França, p. 23-33, 1996.
- DUVICK, D. N. Protein granules of maize endosperm cells. Cereal Chemistry, St. Paul, v. 38, n. 4, p. 374-384, July/Aug. 1961.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/ WORLD HEALTH ORGANIZATION (FAO/ WHO) *Carbohydrates in human nutrition*. Food and Nutrition. Roma: FAO, 1998. 140p.
- FRANCO, C. M. L. Contribuição ao estudo da estrutura do grânulo de amido de milho: tratamento térmico, hidrólise enzimática e permeação em gel. Campinas, 1993. 137 p.
- GIBBON, B.; LARKINS, B. A. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. Trends in Genetics, London, v. 21, n. 4, p. 227-233, Apr. 2005.
- ITAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Níveis de concentrado e proteína bruta na dieta de bovinos Nelore nas fases de recria e terminação: consumo e digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.31, supl., p.1033-1041, 2002.
- JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F.; SANTOS, G.T.; Silagem de grãos úmidos na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CARTE E LEITE, 5., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: [s.n.]. 2003. P.357-376.
- JUNG, H.G., ALLEN, M.S. 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.*, 73:2774-2790.
- KNUDSEN, K. E.B. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, n.67, p.319-338, 1997.
- LAUER, J. Harvesting silage at the correct moisture. *Crop Manager, Wisconsin* v. 3, n. 24, p. 142-143, 1996a. Disponível em: <<http://corn.Agronomy.wisc.edu/Publications/WCM/1996/SHARVEST96.htm>>. Acessado em: 25 maio 2004.
- LAUER, J. Calculating silage of immature corn. *Crop Manager, Wisconsin* v. 3, n. 25, p. 146-147, 1996b. Disponível em: <<http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/WCM/1996/CalculatingSilageofImmatureCorn>> Acesso em: 25 maio 2004.
- LAUER, J.; Kernel Milkline: how should we use it for harvesting silage? *Agronomy Advice*, 1999. Disponível em:

<<http://corn.agronomy.wisc.edu/Publications/Advice/1999/KernelMilkline.html>>
Acesso em: 5 dez. 2000.

- LAVEZZO, W.; LAVEZZO, O.E.N.; CAMPOS NETO, O. Estádio de desenvolvimento do milho. 1. Efeito sobre a produção, composição da planta e qualidade da silagem. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viscosa* v. 26, n. 4, p. 675-682, 1997.
- LECHNER-DOLL, M.; KASKE, M.; ENGELHARDT, W.V. Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids. In: *THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY*, 7., 1991, San Diego. *Proceedings...* San Diego: 1991. p.455-482.
- LOBO A.R. & LEMOS SILVA G.M. AMIDO RESISTENTE E SUAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS *Rev. Nutr., Campinas*, 16(2):219-226, abr./jun., 2003
- LOPES, M. A. LARKINS, B. Endosperm Origin, development, and function. *The plant Cell, Rockville*, v. 5, n. 10, p. 1383-1399, Oct. 1993.
- LOPES, M. A. Genetic and biochemical characterization of the maize mutants floury-2 and modified opaque-2. 1989. 269 p. (Tese Doutorado) - University of Arizona, Tucson
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; *Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS*, 2002. 23 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 76).
- MANNERS, D.J. Recent developments in our understanding of amylopectin structure. *Carbohydrate Polymers, Essex*, 11:87-112, 1989.
- MACDONALD, P. *et al. Nutrition animal*. 4. ed. Zaragoza: Acríbia, 1993.
- MELO, A.; Ferreira, M.; Verás, A.; Lira, M.; Lima, L.; Vilela, M.; Melo, E.; Andrade, D.. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. *Acta Scientiarum. Animal Sciences, América do Norte*, 2516 04 2008.
- MENEZES, E. W. & LAJOLO F. Métodos in vivo e in vitro para determinar o ig: experiências em alimentos brasileiros, Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas Seminario “Índice glicémico en salud y alimentación humana”. INCIENSA: Costa Rica, 12 de setiembre 2002
- MERCHEN, N.R., ELIZALDE, J.C., DRACHLEY, J.K. 1997. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 75(8):2223-2234.
- MERTENS, D. R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: *SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 29, Lavras, 1992. *Anais...* Lavras: SBZ, 1992. p.188-219.

- MINSON, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. New York: Academic Press. 483p.
- MITTELMAN, A. Variação genética para qualidade nutricional em milho com endosperma normal. 2001. 93 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- MOORE, J.E., MOTT, G.O. 1973. Structural inhibitors of quality in tropical grasses. In: MATCHES, A.G. *Anti quality components of forages*. Madison: CSSA, Special publication, n.4, p.53-98.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- MUCK, R.E., BOLSEN, K.K. Silage preservation and additive products. *Field Guide and Silage Management in North America*, p.105-126, 1991
- MUCK, R.E.; PITT, R. E.; LEIBENSPERGER, R.Y. A model of aerobic fungal growth in silage.1. Microbial characteristics. *Grass Forage Science*, v. 46, n. 3, p. 283-290, 1991.
- MÜLBACH, P.R.F. Silagem: produção com controle de perdas. In: LOBATO, J.F.P., BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. et al. (Eds.) *Produção de bovinos de corte*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p.97-120.
- NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its Effect on Milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.
- NOLLER, C.H., NASCIMENTO JR., D., QUEIROZ, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, Piracicaba, 1996. *Anais...Piracicaba*, 1996, p.319-352.
- NUSSIO, L, G.; MANZANO, R, P, Silagem de milho, In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS:ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 7. 1999, Piracicaba. *Anais... Piracicaba*, FEALQ, 1999. p. 27-46.
- NUSSIO, L. G.; Campos, F. P.; Dias, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, p. 127-145, 2001.
- PIMENTEL, J.J.O.; SILVA, J.F.C.; FILHO, S.C.V. et al. Efeito da suplementação protéica no valor nutritivo de silagens de milho e sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viscosa v. 27, n. 5, p. 1042-1049, 1998.
- PIRES, Cleber Cassol et al. Cria e terminação de cordeiros confinados. *Cienc. Rural* [online]. 2000, vol. 30, no. 5, pp. 875-880. ISSN 0103-8478.

- ROONEY, L.W., PFLUGFELDER, R.L.R. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* 63:1607-1623, 1986.
- SHULL, J. M.; CHANDRASHEKAR, A.; KIRLEIS, A. W.; EJETA, G. Development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) endosperm in varieties of varying hardness. *Food structure*, Chicago, v.9, n.3, p.253-267, 1990.
- SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial native starches. *Starke*, v. 37, p. 1-5, 1985.
- TEIXEIRA, Rafael Monteiro Araújo et al. Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteiras alimentadas com casca de café em substituição à silagem de milho. *R. Bras. Zootec.* [online]. 2007, vol. 36, no. 5, supl. , pp. 1691-1698. ISSN 1516-3598.
- THIAGO, L.R.L.S., GILL, M. 1990. *Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC. 65p.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2th New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P.J., MERTENS, D.R. The use of neutral detergent fiber versus acid detergent fiber in balancing dairy rations. In: TECHNICAL SYMPOSIUM, 1984, Fresno. *Proceedings...* Fresno: Monsanto - Nutrition Chemicals Division, 1984. p.75-92.
- XIMENES, P. A. Influência da população de plantas e de níveis de nitrogênio na produção e qualidade da massa verde e da silagem de milho (*Zea mays L.*). Viçosa, 1991, 145p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade de Viçosa.
- ZEOULA, L.M.; CALDAS NETO, S.F. Recentes avanços em amido na nutrição de vacas leiteiras. In: SINLEITE (NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO), 2, 2001, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.249-284.
- ZOBEL, H.F. Molecules to granules: A comprehensive starch review. *Starch/Stärke*, Weinheim, 40(2):44-50, 1988.

CAPÍTULO 2

CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DE SILAGEM DE HÍBRIDOS DE MILHO EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO FISIOLÓGICO E PROCESSAMENTO

Resumo – O aumento no teor de matéria seca devido ao avanço do ponto de colheita e o híbrido utilizado podem afetar a digestibilidade do amido e o consumo voluntário dos ruminantes. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar o melhor híbrido, ponto de colheita e processamento, além dos possíveis efeitos sobre a digestibilidade do amido e o consumo voluntário de ovinos. Foram utilizadas 24 borregas da raça Santa Inês com idade média de três meses com peso médio inicial de 25,0 kg. O delineamento experimental utilizado foi fatorial 2x2x2, de modo inteiramente casualizado, sendo dois híbridos (dentado e duro), dois pontos de colheita (ponto farináceo e camada preta) e dois processamentos (esmagado e não esmagado). Para o coeficiente de digestibilidade do amido interação entre híbrido de milho e ponto de colheita. A colheita do milho para ensilagem, independente da textura e do processamento, deve ser feita no ponto de camada preta por proporcionar maior consumo voluntário aos ovinos.

Palavras-chave: cordeiras, esmagamento, ponto de colheita, *zea mays*

SILAGE INTAKE AND DIGESTIBILITY OF SILAGE FROM CORN HYBRIDS DUE TO PHYSIOLOGICAL STAGE AND SILAGE PROCESSING

Abstract – The increase in dry matter content as result of delayed harvest, as well as the corn hybrid chosen, may affect the digestibility and voluntary intake by ruminants. This study aimed at determining the best corn, harvesting stage and processing, and their interaction with starch digestibility and voluntary intake by sheep. Twenty - four Santa Inês lamb ewes at three months of age with average weight 25.0 kg were used. The experiment was conducted in a factorial design (2x2x2), two hybrids (dent and flint), two harvesting stages (mealy and black layer) and two processing (smashed and no smashed), organized in a completely randomized design. The coefficient of digestibility of the starch interaction between corn hybrid and crop point. The crop of the corn for ensilage, independent of the texture and of the processing, it should be done in the point of black layer by providing larger consumption volunteer to the ewes.

Key words: ewes, harvesting stage, *Zea mays*

Introdução

Entre as culturas utilizadas para a ensilagem o milho é a forrageira mais adaptada ao processo. A utilização preferencial desta planta para a ensilagem se deve a sua composição bromatológica, a qual atende os requisitos para confecção de silagem de boa qualidade como: teor de matéria seca entre 30 a 35%, mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria original, baixo poder tampão e, ainda, elevado valor energético, bem como alta aceitabilidade pelos animais.

A ênfase no uso de cultivares mais adaptados às condições locais e plantas anatomo-fisiologicamente mais eficientes têm sido apontadas como responsáveis pelos ganhos efetivos em produtividade nessa cultura (Nussio, 1991).

Além das características produtivas e digestibilidade dos cultivares de milho utilizado para produção de silagem, a textura do grão é outra variável que passa a ter destaque na escolha dos híbridos utilizados para alimentação de ruminantes, pois as características relacionadas ao endosperma do grão do milho afetam o aproveitamento do amido.

Dentre os híbridos acredita-se que o de textura dentada tenha melhor digestibilidade devido à zona amorfa representar maior parte do grão e por esta ser menos densa que a área cristalina, permite maior movimentação da água e, por consequência, maior atividade hidrolítica das amilases resultando em melhor aproveitamento do amido. Deste modo o genótipo utilizado poderá fornecer em maior ou menor velocidade, energia para a síntese de proteína bacteriana Lopes et al., (2004).

Entre os parâmetros relacionados com a qualidade dos volumosos destaca-se o consumo voluntário, pois a produção é determinada pela quantidade de nutrientes ingeridas o que, por sua vez, depende da quantidade de volumoso consumido. Desta

forma, o grande desafio na alimentação de ruminantes é aumentar a capacidade de ingestão, principalmente volumosos, suprimindo suas necessidades nutricionais sem prejudicar os processos fisiológicos no rúmen e, mantendo, portanto, a atividade de ruminação. Porém, o consumo de silagem é, em geral, inferior ao observado para outros volumosos, fato atribuído aos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação.

Desta forma, o consumo e a digestibilidade são os principais parâmetros relacionados com a qualidade das forrageiras. Prada e Silva et al. (1999) destacaram que a determinação da digestibilidade da porção volumosa é fundamental quando se pretende determinar a qualidade do material ensilado.

Determinados fatores podem influenciar a digestibilidade da silagem. O ponto de colheita é um desses fatores, não só pelo aumento da concentração dos componentes de baixa digestibilidade, em função do aumento da idade fisiológica da planta, mas também por ter relação direta com a fermentação da massa ensilada. Como estratégia para colheita de plantas com avançado estágio de maturação tem-se adotado o tratamento mecânico, como por exemplo o esmagamento dos grãos (Bal & Shaver, 1997).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da textura do híbrido de milho, estágio de colheita e o uso do processamento na ensilagem, sobre o consumo voluntário e a digestibilidade do amido com ovinos.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal, Setor de Digestibilidade, Câmpus de Botucatu. Foram utilizadas 24 cordeiras, da raça Santa Inês com idade entre três e quatro meses e peso médio inicial de 25,0 kg.

Os animais foram pesados, desverminados e alojados, individualmente, em gaiolas metabólicas equipadas com bebedouro, comedouros e saleiro. O período experimental teve duração de 28 dias, sendo 14 dias para adaptação às instalações e dietas experimentais e 14 dias para a determinação do consumo e coleta de amostras. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, distribuído num esquema fatorial 2 x 2 x 2 (híbrido de textura dentada e dura versus ponto de colheita farináceo e camada preta versus processamento esmagado e não esmagado). As médias foram testadas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A composição bromatológica e as percentagens do tamanho médio de partícula das dietas são apresentados na (Tabela 1). Os híbridos utilizados foram o AG 4051 de textura dentada (ciclo semi-precoce para grão e silagem) e DAS 2B 710 de textura dura (ciclo precoce para grão e silagem) cultivados sob sistema convencional, sem irrigação complementar com espaçamento entre linhas de 0,85m e 5,5 sementes por metro. O processamento constituiu-se do esmagamento do material colhido, utilizando-se máquina para ensilagem de grãos úmidos, (BOELTER, modelo OB 20). O ponto de regulagem da máquina foi determinado para que não passasse nenhum grão inteiro pelos rolos. Após a colheita e processamento, o material foi ensilado em tambores de 100 litros os quais permaneceram vedados por 60 dias.

Após a abertura dos silos, foi feita a pré-secagem da silagem, utilizando-se amostra de 300g, seca em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1,0mm de crivo e armazenadas em potes de polietileno, devidamente identificados, para análises laboratoriais de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente ácido (FDA) e cinza de acordo com metodologia descrita por Silva (1990).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica, das dietas experimentais, com base da massa seca e percentagem de material retido nas peneiras com respectivos crivos para os tratamentos utilizados

Tratamentos			%					% retida nas peneiras com respectivos crivos (mm)		
Híbrido	PC	E	MS	PB	FDN	FDA	A	< 8	8 – 19	> 19
	1	C	50,67	8,70	33,57	18,97	34,31	52,08	34,81	13,11
Dentado	1	S	48,13	8,50	34,36	18,58	32,64	39,74	44,61	15,65
	2	C	59,61	8,32	36,43	18,91	32,27	47,37	33,59	19,04
	2	S	60,70	8,09	38,63	19,23	23,99	29,84	33,94	36,22
Duro	1	C	51,89	7,83	32,86	17,77	30,75	45,72	41,52	12,77
	1	S	49,61	7,14	43,24	19,70	26,04	30,66	51,74	17,60
	2	C	57,55	7,01	43,61	23,12	24,33	42,10	25,94	31,96
	2	S	58,37	7,96	34,83	16,03	34,29	35,71	47,47	16,81

PC = ponto de colheita; E=esmagamento; MS = matéria-seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; A = amido; 1= estágio ¼ leitoso; 2= maturação fisiológica; C = com esmagamento; S = sem esmagamento

Para as determinações da fibra em detergente neutro (FDN) foi utilizada a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991) com α -amilase termo-estável e uréia a 8 molar, a fim de reduzir a contaminação do amido e facilitar a filtragem.

A silagem foi fornecida à vontade, diariamente às 8:00, 12:00 e 16:00h, durante o período de adaptação. A quantidade de alimento disponível para cada animal, na fase de determinação do consumo voluntário foi 20% superior ao consumo médio observado na fase de adaptação, possibilitando sobras. O consumo foi determinado por diferença entre o fornecido e a sobra obtida em intervalos de 24 horas.

Durante o período de coleta das amostras, para determinação da digestibilidade, o fornecimento da dieta foi ajustado de forma a não haver sobras. A coleta de fezes foi realizada do 21º ao 28º dia, pelo método de coleta total, no entanto, as amostras de fezes destinadas a análise laboratorial, foram retiradas diretamente da ampola retal, duas vezes ao dia às 7h30min e às 16h30min. As amostras de fezes foram armazenadas em congelador, a -5°C e após o término do ensaio foram descongeladas à temperatura

ambiente e, posteriormente, homogeneizadas, constituindo uma amostra composta por animal. Estas foram pré-secas em estufa de circulação forçada a 65°C por 72 horas, seqüencialmente, todas as amostras de alimentos e fezes foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1,0mm de crivo para a determinação da MS definitiva a 105°C (AACC, 1976).

O amido foi determinado pela metodologia descrita por Knudsen, (1997), já o coeficiente de digestibilidade aparente foi calculado segundo Silva & Leão (1979) e o tamanho de partícula de cada tratamento foi verificado pelo método Penn State Forage Particle Separator de acordo com Kononoff et al. (2003).

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise estatística do programa GLM, do SAS (2001). O modelo inclui os efeitos fixos de híbrido, ponto de colheita, processamento e suas interações.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para consumo voluntário de matéria seca são apresentados na (Tabela 2). Não houve diferença para o híbrido de textura dentada nos diferentes pontos de colheitas, no entanto, para o ponto farináceo o esmagamento reduziu significativamente o consumo. Esta limitação pode estar relacionada ao tamanho de partícula, pois neste ponto de colheita o esmagamento aumentou em 12,34 pontos percentuais (39,74 para 52,08) as partículas inferiores a 8 milímetros.

Essa maior proporção de partículas menores pode ser associada com maior superfície de contato e conseqüentemente a limitação de consumo por mecanismo quimiostático. Os quimiorreceptores sinalizam alterações de pH, osmolaridade ou ainda um ou mais metabolitos da fermentação ruminal liberados para a corrente sanguínea em

concentrações maiores que o fluxo de remoção, inibindo assim o consumo. Corroborando com Minson, (1990) e Coelho da Silva, (2006), que ainda mencionam a quebra de proteína dietética como mais um fator que possa reduzir o consumo.

Tabela 2 – Consumo em quilos de matéria seca de silagem de híbridos de milho de textura dentada e dura em dois pontos de colheita.

Ponto colheita	Híbrido				Médias
	Dentado		Duro		
	C	S	C	S	
Farináceo	0,570Ab	0,727Aa	0,719Aab	0,633Ba	0,662
Camada Preta	0,596Aa	0,644Aac	0,761Ab	0,739Abc	0,685
Médias	0,583	0,685	0,740	0,686	

Cv = 5.52%; C = com esmagamento; S = sem esmagamento; médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si para o híbrido e ponto de colheita; médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre ponto de colheita e processamento para textura do milho para (P>0,05)

O consumo voluntário para a silagem do híbrido de textura dura foi superior ao observado para o híbrido de textura dentada, 0,713 e 0,634kg de massa seca respectivamente. Este fato pode ser atribuído a maior presença de grãos, que em média foi de 58% do teor de matéria seca da silagem proveniente de híbridos de textura dura no segundo ponto de colheita, o que corresponde a mais substrato disponível ao desenvolvimento microbiano e em consequência desta, maior eficiência na fermentação ruminal.

Outro fator relevante, associado ainda a maior presença de grãos, está relacionado a menor taxa de retenção ruminal dos grãos quando comparados a porção volumosa da silagem, desta forma tem-se uma redução da distensão ruminal e consequente estímulo ao consumo.

O aumento da ingestão da matéria seca da silagem de milho já foi correlacionado positivamente por Demarquilly (1994) com o aumento dos teores de matéria seca da

planta, o que corrobora com os dados obtidos no presente experimento para o híbrido de textura dura, o qual apresentou maior consumo no segundo momento de colheita (ponto de camada preta).

No entanto, foi observado comportamento inverso para a silagem proveniente do híbrido de textura dentada. A redução do consumo voluntário da silagem de textura dentada, no segundo ponto de colheita, pode ser atribuída a fatores físicos como a alta concentração palha, principalmente brácteas, fato que pode ser constatado pela percentagem superior de partículas acima de 19 milímetros entre o ponto farináceo e camada preta, 17,89 e 22,89% respectivamente. Segundo Grovem (1995) ovinos reduzem o consumo voluntário em resposta a distensão do retículo, indicando que o retículo possui receptores sensíveis a distensão do aparelho digestivo após a alimentação.

De acordo com Almeida (2000) as plantas bem nutridas, após o enchimento dos grãos e o acúmulo de matéria seca, iniciam a secagem das brácteas, sendo isso, forte indicativo do término da translocação de nutrientes para a espiga e fechamento do grão. Outro fato relevante a maior presença de palhas nesta silagem está relacionado à característica *stay green*, importante para a redução de acamamento na colheita em híbridos de textura dura destinados a produção de grãos, e menos pronunciada nos híbridos de textura dentada.

Nesta pesquisa não foi determinada diferença para o coeficiente de digestibilidade do amido entre os híbridos de textura dentada e dura, contrapondo os resultados descritos por Michalet Doreau & Phillipeau (1998) e Nussio et al. (2001) que observaram diferença entre a degradabilidade e a digestibilidade dos híbridos de textura dentada sobre os híbridos de textura dura.

A análise dos dados indicaram a interação das variáveis híbrido de milho e ponto de colheita ($P < 0,05$) para o coeficiente de digestibilidade do amido (Tabela 3).

Tabela 3 - Coeficiente de digestibilidade (%) do amido de silagem de híbridos de milho de textura dentada e dura em dois pontos de colheita

Ponto colheita	Híbrido		Médias
	Dentado	Duro	
Farináceo	95,06 Aa	97,01 Aa	96,03
Camada Preta	95,60 Aa	93,52 Ba	94,56
Médias	95,33	95,26	

Cv = 0,98%; médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si no ponto de colheita para textura do milho; médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre ponto de colheita para textura do milho para ($P > 0,05$)

O híbrido dentado não apresentou diferença para o coeficiente de digestibilidade do amido entre os pontos de colheita, farináceo e camada preta. Este resultado possivelmente está relacionado à alta proporção de amilose presente no endosperma farináceo, pois as pontes de hidrogênio são mais fortes nas cadeias de amilose com alto grau de polimerização, tornando essa região do grão com alta força de cristalização, a qual também é caracterizada como a zona mais espessa do grão.

Porém, ao avaliar o híbrido de textura dura constatou-se que o coeficiente de digestibilidade do amido foi superior no ponto farináceo. Essa maior digestibilidade está relacionada com a força de cristalização do endosperma, a qual tem relação negativa com o teor de umidade do grão.

Outro fator relevante é a relação oposta entre sacarose e o amido presente no grão, sendo que o avanço da idade fisiológica da planta está relacionado com a redução da sacarose e aumento do amido, fato que dificulta a digestibilidade. Resultado similar foi evidenciado por Celestine et al. (2001) ao observarem, em estudo comparativo entre

dois híbridos Dent e Flint, que a degradação ruminal da matéria seca do grão, comporta-se inversamente ao seu estágio de maturação fisiológica.

Ao avaliarem dietas com silagem de milho para vacas em lactação, Corrêa et al. (2003) concluíram que o desempenho dos animais foi semelhante quando alimentados com silagem de milho dentado em maturidade fisiológica e silagem de milho duro em estágio de meia linha do leite. No entanto, para o presente trabalho não foi observada diferença para o coeficiente de digestibilidade do amido entre as diferentes texturas dos híbridos de milho.

Para Mendes et al. (2008) há híbridos com grande potencial para a produção de silagem de qualidade que apresentam alta degradabilidade efetiva da matéria seca da planta inteira, independentemente da textura do grão. Desta forma, a escolha do híbrido de milho mais adequado ao processo de ensilagem deve considerar o consumo de matéria seca da silagem, bem como a produtividade, adaptabilidade dos híbridos a região e o alongamento da “janela de colheita”.

Os híbridos de textura dura são cultivados com intuito de produzir grãos, por isso apresentam grãos mais pesados e mais resistentes aos ataques de pragas durante o armazenamento, fatores esses, relacionados à maior força de cristalização da amilose. No entanto, o fator químico que mais explica a maior ou menor digestibilidade do amido é o quanto desse está embebido na matriz protéica do grão. Glenn et al. (1991) destacaram que a substância cimentante entre os grânulos de amido é constituída por carboidratos e proteínas, e que o endosperma duro contém mais proteína de reserva do que o endosperma farináceo e menores espaços intercelulares. Fato este que dificulta a digestibilidade do amido presente no grão.

A cutícula que reveste o grão de milho é outro fator que promove redução na digestibilidade, visto que esta atua como barreira física que dificulta o entumescimento, a completa geilificação dos grânulos e a ação das enzimas amilolíticas. Porém, para o presente estudo a variável processamento não apresentou diferença entre as médias do coeficiente de digestibilidade do amido (95,38 e 95,22%) e coeficiente de digestibilidade da matéria seca (60,57 e 64,15%) para a silagem não esmagada e esmagada respectivamente.

Este resultado pode estar relacionado à espécie animal utilizada, pois, segundo McDonald et al. (1981), os ovinos são mais eficientes na mastigação e ruminação do que os bovinos e, conseqüentemente, reduzem grãos inteiros em tamanho similar ao grão moído. Resultados semelhantes foram observados, também para ovinos, por Hart & Glimp (1991), os quais não determinaram diferença na digestibilidade do amido de dietas elaboradas com milho inteiro ou com milho moído peletizado. Porém, ao avaliar os efeitos metabólicos do fornecimento destas dietas, verificaram produção de ácidos graxos de cadeia curta 12% superior à dieta com milho moído, em relação ao grão inteiro.

Em contra partida, para os bovinos o efeito do processamento é fundamental, pois esta espécie apresenta baixa eficiência de aproveitamento do amido. Sendo a perda desse nutriente significativa nesses ruminantes quando os grãos são a maior fonte de amido das dietas (Zinn et al., 2002).

Desta forma o processamento aumenta a degradação ruminal do amido, com maior produção de ácidos graxos e proteína microbiana (Blas & Gidenne, 1998; Menezes & Lajolo, 2002 e Jobim, 2003). Em complemento Factori (2008) destacou que o esmagamento da planta de milho, por ocasião da colheita para ensilagem, permite

aumentar a degradabilidade efetiva em até 14% amido, especialmente para o híbrido de textura dura colhido no estágio de maturação fisiológica.

Conclusão

A colheita do milho para ensilagem, independente da textura e do processamento, deve ser feita no ponto de camada preta por proporcionar maior consumo voluntário aos ovinos.

Literatura Citada

- ALMEIDA, J. C. C. Características agrônômicas e das silagens de milho e sorgo cultivados em quatro densidades de semeadura. 80 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Jaboticabal, 2000.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. A.A.C.C. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 7.ed. St. Paul, 1976. 256 p.
- BAL, N. ; SHAVER, R. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production. *Journal of Dairy Science*. v.80, p. 2497-2503, 1997
- BJÖRCK, I. Starch: nutritional aspects. In: A-C Eliasson. *Carbohydrates in food*,
- BLAS, E.; GIDENNE, T. Digestion of starch and sugars. In: DE BLAS, C., WISEMAN, J. (Ed.). *The nutrition of the rabbit*. Cambridge – UK: CABI Publishing, 1998. p.17-38.
- CALESTINE, G.A.; PEREIRA, M.N.; BRUNO, R.G.S.; VON PINHO, R.G.; CORREA, C.E.S. Effect of corn grain texture and maturity on ruminal in situ degradation. *Journal of Dairy Science*, v.84, p.419, 2001. Supplement 1.
- COELHO DA SILVA, J.F. Mecanismos reguladores de consumo. *Nutrição de Ruminantes* 583p. Funensp 2006 Jaboticabal.
- CUMMINGS J. H., Englyst H. N. Gastrointestinal effects of food carbohydrate. *Am. J. Clin. Nutr.* 1995;61:938S-945S
- DEMARCHI, J. J. A. Produção, valor nutritivo e características do sorgo (*Shorgum bicolor* (L.) Moench) cultivado em cinco estádios de maturação. 230 p. Dissertação

- (Mestrado em Zootecnia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1993.
- FRANCO, C. M. L. Contribuição ao estudo da estrutura do grânulo de amido de milho: tratamento térmico, hidrólise enzimática e permeação em gel. Campinas, 1993. 137 p.
- GLENN, G. M.; YOUNCE, F. L.; PITTS, M. J. Fundamental physical properties characterizing the hardness of wheat endosperm. *Journal Cereal Science*, London, v. 13, n. 2, p. 179-194, Mar./Apr. 1991.
- GROVUM, W.L. Mechanisms explaining the effects of short chain fatty acids on feed intake in ruminants osmotic pressure, insulin and glucagon. In: ENGLEHARD, W.V. et al.(Eds). *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany. 1995. p. 173-197.
- HART, S.P.; GLIMP, H.A. Effect of diet composition and feed intake level on diet digestibility and ruminal metabolism in growing lambs. *Journal of Animal Science*, v.69, p.1636-1644, 1991.
- JOBIM, C.C.; BRANCO, A.B.; SANTOS, G.T. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. In: V Simpósio Goiano sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite. Goiânia – Goiás, maio 2003. p. 357-376. *Latinoam. Nutr.* 45,(1) S: 270-272S, 1995.
- KNUDSEN, K. E.B. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal feed Science and Technology*, n.67, p.319-338, 1997.
- LOPES, F.C.F.; CARNEIRO, J.C.; NOVAES L.P.; VIANA, A.C.; POSSAS, F.P.; OLIVEIRA, J.S.; GONÇALVES, L.C. Avaliação da Degradabilidade Ruminal In Situ da Matéria Seca de Silagens de Milho (*Zea mays*, L.) com Diferentes Graus de Vitreosidade e com Perfil de Aminoácidos Modificado. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, XXXV. Anais... Sete Lagoas - MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. v. 25.
- LOPES, M. A. LARKINS, B. Endosperm Origin, development, and function. *The plant Cell*, Rockville, v. 5, n. 10, p. 1383-1399, Oct. 1993.
- McDONALD, P.; EDWARDS, R.; GREENHALGH, J. *Animal nutrition*. 3rd ed. Zaragoza: Acribia, 1981. 518p.
- MENEZES, E.W.& Lajolo & F. Métodos in vivo e in vitro para determinar o ig: experiências em alimentos brasileiros, Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas Seminario “Índice glicémico en salud y alimentación humana”. INCIENSA: Costa Rica, 12 de setiembre 2002
- MICHALET DOREAU, B; PHILPEAU, C. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradadtion of starch in the rumen. *Journal Dairy Science*, 81:2178-2184, 1998.

- MINSON, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. New York: Academic Press. 483p.
- NUSSIO, L. G.; Campos, F. P.; Dias, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, p. 127-145, 2001.
- NUSSIO, L.G. Cultura de Milho para Produção de Silagem de Alto Valor Alimentício. In: 4º. SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS. 1991, Piracicaba-SP. Anais... Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 59-168.
- PRADA e SILVA, L.F.; MACHADO, P.F.; FRANCISCO JUNIOR, J. C. Características Agronômicas e Digestibilidade in situ da Fração Volumosa de Híbridos de Milho para Silagem. Scientia Agraria, v.56, n.1, p.171-184, 1999.
- ROONEY, L.W., PFLUGFELDER, R.L.R. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. J. Anim. Sci. 63:1607-1623, 1986.
- SILVA, D.J. Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.
- SILVA, J.F.C., LEÃO, M.I. 1979. *Fundamentos de nutrição dos ruminantes*. Piracicaba: Livroceres. 380p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. SAS language reference. Version 8, Cary: 2001. 1042p.
- SWINKELS, J. J. M. Composition and properties of commercial native starches. Starke, v. 37, p. 1-5, 1985.
- VAN SOEST, P. J. et al. Methods for extraction fiber, neutral detergent fiber and starch polysaccharides in relation to animal nutrition cows. J. Dairy Sci., Savoy, v.83, n.1, p.3583-3597, 1991.
- XIMENES, P. A. Influência da população de plantas e de níveis de nitrogênio na produção e qualidade da massa verde e da silagem de milho (*Zea mays L.*). Viçosa, 1991, 145p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Universidade de Viçosa.
- ZINN, R.A.; OWENS, F.N.; WARE, R.A. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. Journal of Animal Science, v.80, p.1145-1156, 2002.

Implicações

O estudo da variável processamento pode ter sido influenciado pela escolha da espécie animal utilizada no trabalho, desta forma sugere-se que novas pesquisas sejam conduzidas no sentido de avaliar os efeitos do processamento da silagem com bovinos, por se tratar de animais menos eficientes na mastigação e ruminação.

A determinação da produtividade por área dos híbridos, bem como as perdas durante o processo de ensilagem deve ser mensurada para uma tomada de decisão consistente.

A determinação do desempenho em conjunto com a digestibilidade e o consumo nos daria uma resposta mais concisa para a proposta do trabalho. Outro fator importante seria a mensuração da viabilidade econômica do processamento da ensilagem em função do incremento no consumo, digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal.