

FERNANDO PIMONT PÔSSAS

**AVALIAÇÃO DA DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN SITU* DAS SILAGENS
DE MILHO (*Zea Mays*, L.) COM DIFERENTES GRAUS DE VITREOSIDADE E
COM PERFIL DE AMINOÁCIDOS MODIFICADO**

Dissertação apresentada à Escola de Veterinária da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre
em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal
Orientadora: Profa. Ana Luiza da Costa C. Borges

**Belo Horizonte - Minas Gerais
Escola de Veterinária - UFMG
2007**

P856a Pôssas, Fernando Pimont, 1981-

Avaliação da degradabilidade ruminal in situ das silagens de milho (*Zea Mays*, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificados / Fernando Pimont Pôssas. – 2007.

41 p. : il.

Orientadora: Ana Luiza da Costa C. Borges

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gérias, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Milho – Silagem – Teses. 2. Silagem – Qualidade – Teses. 3. Nutrição Animal – Teses.
4. Digestibilidade – Teses. I. Borges, Ana Luiza da Costa Cruz. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 633.2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, meu irmão, a Fan, aos meus familiares, amigos e professores que sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me dar saúde para realizar mais um sonho;

Meus pais, exemplo de vitória, por me proporcionarem condições para mais uma conquista. Meu muito obrigado! Ao Bado pela amizade, conselhos e apoio incondicional;

A Fan, pelo carinho, amor, companheirismo, compreensão e apoio durante toda essa jornada;

Ao Professor Lúcio pela amizade, pelos anos de trabalho juntos, sempre ensinando e disposto ajudar e pelo exemplo de profissional;

À Professora Ana Luiza por ter aceitado participar deste trabalho e pela grande contribuição para a dissertação;

Aos pesquisadores da Embrapa Gado Leite Luciano Patto Novaes, Jailton Carneiro e Fernando César por todo trabalho realizado, pelo apoio durante todas as etapas e por estarem sempre prontos a ensinar e ajudar;

Aos professores Iran Borges e Norberto pelo exemplo de profissionalismo e competência;

Às minhas avós Dona Célia e Dona Zilda pelo carinho, Tio Flavinho e Tio César pelo apoio, e a todos os tios, tias e primos que sempre me ajudaram e torceram por mim;

Aos amigos Gustavo (Tim), Sérgio (Tião), Igor (Toddy) e Marcelo (Tchelo) pela amizade, conselhos e apoio nos momentos difíceis;

Aos amigos Robertinho Guima, Bizil, Diogo, Cristiano, Robertinho Camargos, Luiz Gustavo, Daniel Pires e Fá pelo exemplo e ensinamentos.

À equipe da Embrapa Milho e Sorgo, dos laboratórios de nutrição animal da Embrapa e Gado de Leite e da Escola de Veterinária da UFMG pela grande ajuda, em especial ao Toninho e Carlos;

Aos demais amigos de graduação e pós-graduação que sempre me apoiaram e me ajudaram quando precisei;

Aos membros do colegiado de pós-graduação pela disponibilidade e esclarecimentos, em especial a Nilda; Aos amigos da copiadora Cleiton e Vagner pela paciência; A Capes pela bolsa de estudos concedida;

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram ou torceram por mim!

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
I - INTRODUÇÃO	13
II - REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. ASPECTOS DA CULTURA DO MILHO	13
2.2. INFLUÊNCIA DA GENÉTICA SOBRE A QUALIDADE DA SILAGEM	13
2.2.1. Alto teor de óleo	15
2.2.2. Perfil de aminoácidos modificado	15
2.2.3. Qualidade da fibra	16
2.2.4. Mercado brasileiro	16
2.3. INFLUÊNCIA DA TEXTURA DO GRÃO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	17
2.3.1. Composição química do grão de milho	17
2.3.2. Textura do grão de milho	17
2.3.3. Efeito da vitreosidade sobre a degradabilidade do amido	18
2.3.4. Fatores que interferem na vitreosidade do grão de milho	19
2.4. QUALIDADE DA SILAGEM	20
2.4.1. Momento de colheita e teor de matéria seca da planta	20
2.4.2. Fração protéica	21
2.4.3. pH	21
2.4.4. Carboidratos	22
2.4.5. Digestibilidade	23
2.5. TÉCNICA DE DIGESTIBILIDADE <i>IN SITU</i>	23
3 – MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. CARACTERÍSTICAS DAS CULTIVARES	25
3.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	26
3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS	27
3.4. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	27
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1. MATERIAL ORIGINAL	27
4.2. DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA	28
4.3. DEGRADABILIDADE DA PROTEÍNA BRUTA	30
4.4. DEGRADABILIDADE DO AMIDO	31
4.5. DEGRADABILIDADE DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO	32
4.6. DEGRADABILIDADE DA FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO	33
4.7. DEGRADABILIDADE DA HEMICELULOSE	34
5 - CONCLUSÕES	34
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de variância.....	27
Tabela 2 - Composição química (% da MS) das silagens das quatro cultivares de milho.....	28
Tabela 3 - Desaparecimento ruminal (%) da matéria seca das quatro silagens de milho.....	29
Tabela 4 - Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da matéria seca das silagens das quatro cultivares de milho.....	29
Tabela 5 - Desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta das quatro silagens de milho.....	30
Tabela 6 - Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da proteína bruta das silagens das quatro cultivares de milho.....	31
Tabela 7 - Desaparecimento ruminal (%) do amido das quatro silagens de milho.....	31
Tabela 8 - Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> do amido das silagens das quatro cultivares de milho.....	32
Tabela 9 - Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro das quatro silagens de milho.	32
Tabela 10 - Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da fibra em detergente neutro das silagens das quatro cultivares de milho.....	33
Tabela 11 - Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido das quatro silagens de milho...	33
Tabela 12 - Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da fibra em detergente ácido das silagens das quatro cultivares de milho.....	34
Tabela 13 - Desaparecimento ruminal (%) da hemicelulose das quatro silagens de milho.....	34
Tabela 14 - Parâmetros de degradação ruminal <i>in situ</i> da hemicelulose das silagens das quatro cultivares de milho.....	34

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de milho com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado. O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas (MG). As análises foram conduzidas nos laboratórios de nutrição animal da Escola de Veterinária da UFMG e da Embrapa Gado de Leite. Foram avaliadas as degradabilidades ruminais *in situ* da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), amido, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose de quatro cultivares de milho: QPM129 (grãos duros e com perfil de aminoácidos modificado), BRS3060 (grãos semi-duros), AG1051 (grãos dentados) e SHS4040 (grãos duros), colhidas 120 dias após o plantio. O delineamento utilizado foi quadrado latino 4x4. Para a incubação ruminal foram utilizados sacos de náilon, que foram retirados nos tempos 0, 6, 24 e 96 horas após incubação ruminal. Os teores de MS, PB, amido, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina foram de 47,3, 48,1, 47,6, 46,1%; 8,20, 8,51, 7,10 e 7,66%; 35,49, 44,30, 38,14 e 35,69%; 52,41, 44,12, 44,57 e 56,55%; 26,23, 22,63, 23,33 e 25,36%; 26,17, 21,49, 21,24 e 31,18%; 19,53, 16,74, 18,34 e 17,11% e 4,09, 3,32, 3,75 e 3,87% para as silagens QPM 129, AG 1051, BRS 3060 e SHS 4040, respectivamente. No tempo de incubação de seis horas, houve diferença estatística ($p < 0,05$) no desaparecimento ruminal da MS, sendo que as cultivares AG 1051 e SHS 4040 apresentaram maior desaparecimento ruminal. Nos tempos de incubação de 24 e 96 horas não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos. A cultivar AG 1051 apresentou o maior potencial máximo de degradação (A) da MS (77,88%), maior fração solúvel (S) (36,52%), maior degradabilidade efetiva (DE), menor taxa constante de degradação (c) (3,1%/h) e a cultivar SHS 4040 apresentou o maior valor de “c” (4,7%/h). A cultivar AG 1051 não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tempos de incubação de seis e 24 horas e apresentou maior desaparecimento ruminal da PB ($p < 0,05$) para o tempo de incubação de seis horas. A cultivar AG 1051 apresentou maior valor de “S” e maior DE da PB. A cultivar SHS 4040 apresentou a menor DE da PB. A cultivar AG 1051 não apresentou diferença estatística ($p < 0,05$) no desaparecimento ruminal do amido entre os tempos de incubação. As demais cultivares apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$) no desaparecimento ruminal do amido entre o tempo de seis horas e os tempos de 24 e 96 horas. As cultivares AG 1051 e SHS 4040 apresentaram maior desaparecimento ruminal do amido ($p < 0,05$) para o tempo de incubação de seis horas. A cultivar AG 1051 apresentou a maior fração “A”, maior fração solúvel “S”, maior taxa constante de degradação (c) e maior degradabilidade efetiva (DE) do amido. A cultivar SHS4040 apresentou a menor “S” e a menor DE do amido. A cultivar SHS 4040 apresentou maior desaparecimento ruminal da FDN ($p < 0,05$) no tempo de incubação de seis horas. Para todas cultivares houve aumento significativo ($p < 0,05$) no desaparecimento ruminal da FDN com o aumento do tempo de seis até 96 horas de incubação ruminal. A cultivar AG 1051 apresentou maior “A” (72,95%) e menor taxa de degradação c (1,3%/h). A cultivar SHS 4040 apresentou maior DE para FDN. Não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre as cultivares nos tempos de incubação analisados para o desaparecimento ruminal da FDA. Houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tempos de incubação analisados para todas cultivares. A cultivar SHS 4040 apresentou a maior “A” (73,0%), maior “S” (7,96%), maior fração potencialmente degradável (b) e maior DE para a FDA. A cultivar BRS 3060 apresentou menor valor de “b” e de “A” para FDA. A cultivar SHS 4040 apresentou o maior valor de desaparecimento ruminal da hemicelulose para o tempo de incubação de seis horas. A SHS 4040 apresentou maior taxa de degradação “c” (2,6%/h), maior “S” e maior DE para a hemicelulose. A AG 1051 apresentou menor “c”, maior “A” e maior “b”. Todas as silagens avaliadas apresentam boa degradabilidade ruminal sendo consideradas silagens de boa qualidade.

Palavras-Chave: aminoácido, bovino, degradabilidade efetiva, ruminante.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the ruminal *in situ* degradability of corn silage with different vitreousness and modified aminoacids profile. The experiment was carried out at Embrapa Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG, Brazil) and the chemical analyses at Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte, MG, Brazil) and at Embrapa gado de Leite (Juiz de Fora, MG, Brazil). The experiment evaluated the ruminal *in situ* degradability of dry matter (DM), crude protein (CP), starch, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) e hemicellulose of four genotypes of corn silages: QPM-129 (flint corn with modified aminoacids profile), BRS-3060 (semi-flint), AG-1051 (dent corn) and SHS-4040 (flint corn, showing higher vitreousness), harvested 120 days after sowing. The experimental design was the 4x4 Latin Square. As for ruminal incubation was utilized nylon bags, that were withdrawn after six, 24 and 96 hours of ruminal incubation. The levels of DM, CP, starch, NDF, ADF, hemicellulose, cellulose and lignin analyzed in silages were: 47,3, 48,1, 47,6 and 46,1%; 8,20, 8,51, 7,10 and 7,66%; 35,49, 44,30, 38,14 and 35,69%; 52,41, 44,12, 44,57 and 56,55%; 26,23, 22,63, 23,33 and 25,36%; 26,17, 21,49, 21,24 and 31,18%; 19,53, 16,74, 18,34 and 17,11% and 4,09, 3,32, 3,75 and 3,87% to QPM 129, AG 1051, BRS 3060 and SHS 4040 hybrids silages, respectively. Within the six hours of incubation time, there were no statistical differences ($p < 0,05$) in the ruminal disappearance of DM, while only AG 1051 hybrid e SHS 4040 showed the highest ruminal disappearance. Within the 24 and 96 hours of incubation time, there were no statistical differences ($p < 0,05$) among treatments. The AG 1051 genotype showed the highest degradation potential maximum (A) of DM (77,88%), the highest solubel fraction (S) (36,52%), the highest effective degradability (ED), the lowest degradation constant rate (c) (3,1%/h) and the SHS 4040 genotype showed the highest "c" (4,7%/h). The genotype AG 1051 didn't showed statistical difference ($p < 0,05$) among the incubation time of six and 24 hours and showed the highest ruminal disappearance of CP ($p < 0,05$) to the incubation time of six hours. The AG 1051 genotype showed the highest value of "S" and the highest ED of CP. The SHS 4040 genotype showed the lowest ED of CP. The AG 1051 didn't showed statistical difference ($p < 0,05$) in the starch ruminal disappearance among the incubation time. The others genotypes showed statistical difference ($p < 0,05$) in the starch disappearance ruminal among the time of six hours and the times of 24 and 96 hours. The AG 1051 and SHS 4040 genotypes showed the highest starch disappearance ruminal ($p < 0,05$) to the incubation time of six hours. The AG 1051 showed the highest starch solubel fraction "S", the highest "A", the highest "c" and highest ED of starch. The SHS 4040 showed the lowest starch "S" and the lowest EF of starch. The SHS 4040 showed the highest NDF ruminal disappearance ($p < 0,05$) in the incubation time of six hours. As for all genotypes there were meaningful increase ($p < 0,05$) in the NDF ruminal disappearance with the increase of time of six to 96 hours of ruminal incubation. The AG 1051 genotype showed the highest "A" (72,95%) and the lowest degradation constant rate "c" (1,3%/h). The SHS 4040 showed the highest NDF ED. There were no statistical difference ($p < 0,05$) among the genotypes in incubations time analyzed to the ADF ruminal disappearance. There were statistical difference ($p < 0,05$) among the incubations time analyzed to all genotypes. The SHS 4040 genotype showed the highest "A" (73,0%), the highest "S" (7,96%), the highest potential degradable fraction (b) and highest ADF ED. The BRS 3060 genotype showed the lowest ADF value of "b" and of "A". The SHS 4040 genotype showed the highest value of hemicellulose ruminal disappearance ($p < 0,05$) for the incubation time of six hours. The SHS 4040 showed the highest hemicellulose value of "c" (2,6%/h), the highest "S" and highest EF. The AG 1051 showed the lowest hemicellulose value of "c", the highest "A" and highest "b". All silages evaluated showed good ruminal degradability, being suggested its utilization as silage.

Keywords: aminoacid, bovine, effective degradability, ruminant.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade crescente do agronegócio brasileiro exige uma melhoria na eficiência produtiva dos sistemas de produção, para dessa forma assegurar a sustentabilidade dos mesmos.

Para aumentar esta eficiência tem-se trabalhado na utilização de animais de alto potencial produtivo, requerendo assim o uso de dietas bem balanceadas, à base de concentrados e volumosos de alto valor nutritivo. Apesar da forrageira ter menor participação nos custos de produção do que os concentrados, a utilização de forrageira de boa qualidade pode ter um impacto significativo sobre o custo da dieta, através da menor utilização de concentrados.

No Brasil prevalece uma marcante estacionalidade na produção de forragem, característica esta que faz com que os sistemas de produção dependam do planejamento para utilização da forragem produzida durante a estação chuvosa de forma conservada no período seco.

A ensilagem tem sido o método preferido para a conservação de forragens por parte dos produtores devido a alguns fatores como ser menos dependente das variações climáticas, mais rápida e menos dependente de maquinário especializado que o método de fenação (McDonald et al, 1991). Assim, a prática de ensilagem é uma alternativa de alimento em quantidade e qualidade para o período de entressafra.

Dentre as espécies utilizadas para a produção de silagem, o milho se destaca. O milho proporciona forragem de boa qualidade nutritiva sem restrições para os ruminantes, além de possuir elevado potencial produtivo de matéria seca por área, baixos custos de produção, facilidade de colheita e de ensilagem e apresentar grande número de cultivares adaptadas a diferentes situações.

Além das características como produtividade, digestibilidade e percentual de espigas, a textura do grão (vitreosidade) é outro fator que passa a ser observado na escolha de um genótipo para ser utilizado na alimentação de ruminantes, uma vez que características relacionadas ao endosperma do grão do milho afetam a degradabilidade do amido no rúmen. Logo, dependendo do genótipo, o milho poderá oferecer em maior ou menor velocidade energia para a síntese de proteína bacteriana no rúmen.

Para otimizar a síntese de proteína bacteriana é necessário formular dietas considerando as frações

de carboidratos e nitrogênio dos alimentos, bem como suas taxas de degradação. Assim, a partir do conhecimento destas características consegue-se formular dietas que diminuam as perdas decorrentes dos processos fermentativos, e conseqüentemente maximizem a produção animal. Assim, o estudo *in situ* com sacos de náilon possibilita a determinação da degradabilidade de alimentos e seus diversos componentes nutricionais de forma simples e de baixo custo.

Este estudo teve como objetivo avaliar a degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de milho (*Zea mays*, L.) com diferentes graus de vitreosidade e com perfil de aminoácidos modificado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS DA CULTURA DE MILHO

O milho ocupa o segundo lugar mundial de produção entre os cereais. No Brasil, estima-se uma área plantada de 9,4 milhões de hectares em 2006, sendo que espera-se uma produção de 34 milhões de toneladas (IBGE, 2006).

Os grãos do milho são a parte mais importante por serem na maioria das vezes a fração a ser colhida para uso na alimentação. Mesmo no caso de colheita para silagem os grãos representam até 50% da matéria seca e são a fração mais digestível, podendo representar 63% da matéria seca digestível colhida (Weaver et al., 1978).

O milho apresenta uma dispersão mundial, sendo utilizado para alimentação animal (parte aérea e grãos) e para alimentação humana (grãos). Sua distribuição geográfica é bastante ampla, variando entre 58° (latitude norte) e 40° (latitude sul). Quanto à demanda pluviométrica, o milho se desenvolve bem em regiões com precipitações médias superiores a 600 mm, sendo críticos o período de germinação/emergência e o período compreendido pelos 15 dias que antecedem e que sucedem o florescimento da cultura, abrangendo o período de enchimento dos grãos. O milho possui uma tolerância térmica de 19° a 40° C para estabelecimento, mas a cultura assume como ótima a faixa compreendida entre 25° a 30° C, onde há condições ideais para o seu desenvolvimento, e geralmente apresenta menores taxas de crescimento em temperaturas superiores a 30° C. Quanto às condições de solo, o milho responde positivamente à diminuição da acidez do solo com melhor utilização dos nutrientes; e, não suporta encharcamentos (Fancelli, 1986).

O milho caracteriza-se por ser uma fonte barata de energia digestível, pois apresenta grande quantidade de grãos. Além disso, por conseguir manter a sua qualidade durante o período de colheita, o milho dispensa o uso de aditivos ou pré-secagem para a ensilagem. No Brasil, a escolha da cultivar de milho para silagem era baseada no porte alto e no alto potencial de produção de massa. Porém, levantamentos realizados em regiões de São Paulo e Minas Gerais mostraram que, além de baixas produtividades, as silagens produzidas apresentavam qualidade aquém da desejada, principalmente devido à pequena percentagem de grãos presentes na massa (Pizarro, 1978).

Atualmente, devido ao maior desenvolvimento dos sistemas de produção, à maior competitividade do agronegócio, à margem de lucro restrita na produção animal e a diferenças climáticas, vários fatores devem ser observados para a escolha da cultivar adequada. No que se refere à quantidade de grãos devem-se utilizar materiais que possuam de 40 a 50% de grãos na matéria seca do material ensilado (Nussio, 1991; Costa, 2000).

A quantidade de temperatura necessária do plantio até o florescimento masculino determina o ciclo das cultivares, sendo que essa quantidade é definida como unidades de calor. As cultivares de milho podem ser classificadas em ciclo tardio, levando até 150 dias para maturação fisiológica, exigindo 1000 a 1100 unidades de calor do plantio à floração; ciclo precoce, com 120 dias, exigindo 850 a 900 unidades de calor, ou superprecoces, com ciclos de 105 a 110 dias exigindo em torno de 800 unidades de calor. Desse modo, em situações com baixa temperatura a cultivar alonga o ciclo (Resende, 1991).

Do plantio até a colheita, o milho atravessa estádios característicos na planta. Segundo Resende (1991), onze estádios podem ser separados conforme características relacionadas com a maturação, sendo: estádio 0 – Período que vai da semente à emergência, dura de 5 a 7 dias; estádio 1 – Vai da emergência até a abertura da quarta folha, com duração de duas a três semanas; estádio 2 – Desenvolvimento de 5 a 8 folhas e aparecimento da espiga; estádio 3 – Plantas atingem 12 folhas; estádio 4 – Plantas atingem 16 folhas; estádio 5 – Fase crítica para o desenvolvimento, pois as plantas estão sensíveis e as condições desfavoráveis; estádio 6 – Formação de grãos leitosos na espiga e intensa translocação de nutrientes solúveis para o grão; estádio 7 – Deposição de amido no grão; estádio 8 – grãos no estádio farináceo duro; estádio 9 – Maturação fisiológica da semente; estádio 10 – Os grãos apresentam aspecto vítreo, e ocorre senescência das folhas no colmo.

O manejo da cultura do milho é um dos aspectos mais importantes no processo produtivo da cultura. Dentre eles, a época de sementeira, espaçamento entre linhas, densidade, profundidade de sementeira, associados às variáveis adubação, irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, mais as condições climáticas, respondem por mais de 50% do potencial produtivo de uma lavoura de milho. Cada parâmetro citado pode atuar nos diversos estádios de desenvolvimento da planta (Pereira Filho e Cruz, 2001).

O espaçamento entre linhas definido afeta a produtividade e a qualidade da planta. Quando se pensa em diminuir o espaçamento entre linhas e ou aumentar a densidade de plantas por área, a escolha do híbrido deve ser criteriosa. Geralmente, os híbridos ou as cultivares de porte alto e ciclo longo produzem bastante massa e quase sempre não proporcionam um bom arranjo das plantas dentro da lavoura. Os híbridos de menor porte, mais precoces, desenvolvem pouca massa vegetal, com menor quantidade de auto-sombreamento, o que proporciona uma maior penetração da luz solar. Essas plantas permitem cultivo em menores espaçamentos e maiores densidades (Mundstock, 1978). O número de sementes utilizado na sementeira é determinado pela população final desejada.

A densidade de plantio tem efeito na produção de matéria seca e na qualidade da forragem (Costa, 2000). Mudanças na densidade das plantas levam a mudanças na morfologia das plantas, o que pode acarretar em alteração do seu valor nutritivo (Cuomo et al. 1998). A densidade recomendada por estes autores é de 58000 plantas/ha, pois até essa densidade houve aumento na massa de forragem sem que houvesse queda na digestibilidade.

Almeida Filho (1996), avaliando 19 cultivares de milho, verificou rendimentos variando de 9,62 a 14,37 t/ha de matéria seca. Segundo Pereira Filho e Cruz (2001), trabalho realizado na Embrapa em 1997, com várias cultivares, em cinco locais, mostrou variação de 7,8 a 19,4 t/ha, entre os locais estudados. Costa (2000), em um experimento realizado na Embrapa Milho e Sorgo, localizada em Sete Lagoas (MG), avaliou doze cultivares de milho e verificou produção de matéria seca variando de 10,11 a 14,78 t/ha.

Ensilar o milho no estádio de maturidade adequado é importante para reduzir perdas, promover uma fermentação eficiente, aumentar o consumo e a digestibilidade, resultando em maior retorno econômico da produção e utilização da silagem. A

estimativa do teor de matéria seca da planta, pela observação de suas características anatômicas e físicas, é feita principalmente com base na consistência dos grãos. O método de estimativa do teor de matéria seca, baseado na posição da linha de leite no grão tem sido usado em vários países, com algumas restrições referentes a variações dos teores de matéria seca para uma mesma posição da linha de “leite”, devido ao comportamento do clima ao longo do ciclo da planta, fertilidade do solo e tipo de cultivar. Para as condições do Brasil e em outros países, o estágio de grão farináceo à metade duro tem sido indicado como o mais recomendável para a ensilagem do milho. Acompanhar o desenvolvimento do milho, visualmente, até o estágio do grão farináceo e a partir de então, pelas determinações da matéria seca em laboratório, permite obter maior precisão do momento mais apropriado para a ensilagem do milho (Ferreira, 2001b).

A interação das plantas com o ambiente no qual serão inseridas é um fator determinante para a escolha da cultivar a ser utilizada na propriedade. (Costa, 2000). O valor nutritivo da silagem de milho depende da cultivar, maturidade, estabilidade da cultura, condições de crescimento da planta e relação entre espiga e resíduos do milho (Flachowsky et al., 1993). Portanto, é de grande importância o cumprimento das recomendações adequadas de plantio e produção de silagem para cada genótipo.

2.2. INFLUÊNCIA DA GENÉTICA SOBRE A QUALIDADE DA SILAGEM

Historicamente têm-se buscado características como produtividade, tolerância a pragas e doenças, tempo de maturidade e tolerância à estiagem, esquecendo-se do aspecto qualitativo da produção. Todavia, determinados aspectos qualitativos dos grãos estão obrigatoriamente ligados à produtividade (Botelho, 2003), fazendo com que haja necessidade de rever algumas características relacionadas ao valor nutricional das cultivares normalmente utilizados na alimentação animal.

Híbridos e cultivares de milho são lançados no mercado todos os anos. Estes podem ter sido selecionados quanto a características agrônomicas (produtividade de matéria seca, resistência a pragas e doenças, etc.) ou quanto a composições químicas diferentes (maiores teores de proteína bruta na forragem, maiores teores de óleo nos grãos, menores teores de lignina e perfil de aminoácidos modificado). Espera-se que estes novos materiais propiciem a produção de silagens de alta qualidade nutritiva para os ruminantes e que possam trazer

benefícios para a produtividade dos animais (Antunes, 2001).

Além dos fatores citados anteriormente, a pesquisa para o desenvolvimento de cultivares de milho para silagem visa a melhoria da parte vegetativa (planta inteira menos a espiga), associada a altas produções de grãos e de matéria seca por hectare, e a resistência à pragas e doenças, entre outras características (Hunt et al., 1993).

Nos últimos anos, com o advento da engenharia genética, as companhias multiplicadoras de sementes estão alterando seus programas para aumentar o valor nutricional do milho. Os novos híbridos de milho são referidos como “especiais” ou de “valor adicional” ou “nutricionalmente melhores”, que proporcionam características úteis para a produção animal. O milho está deixando de ser uma “commodity” comercializada em grandes lotes, para se tornar um ingrediente especializado (De Lima, 2001).

Com o desenvolvimento das modernas técnicas de identificação e manipulação genética, os genes responsáveis pela expressão dos fenótipos de interesse econômico puderam ser introduzidos em outras plantas, com melhores potenciais para aquelas características deficientes nas plantas originais, proporcionando o surgimento de híbridos de alta qualidade produtiva e nutricional.

2.2.1. Alto teor de óleo

O óleo está localizado principalmente no gérmen do grão (78,0%), e cerca de 90% deste é constituído por triacilgliceróis insaturados (Michalet-Doreau e Doreau, 1999).

O conteúdo de óleo nos grãos de milho tem sido mais comumente observado na nutrição de monogástricos, entretanto pode ser uma característica importante para vacas em lactação sob altas exigências de energia (Michalet-Doreau e Doreau, 1999).

Os genótipos geneticamente modificados para alto teor de óleo possuem maiores teores de óleo e de proteína bruta nos grãos em relação aos genótipos comuns (Elliott et al., 1993). Atwell et al. (1988), avaliando grãos de milho com alto teor de óleo e comuns encontraram teores de extrato etéreo de 9,07 e 5,12% e de proteína bruta de 11,1 e 8,6%, respectivamente. Porém, este aumento no conteúdo de óleo foi compensado por uma redução no conteúdo de amido (Dudley e Lambert, 1992). A estimativa é que para cada unidade percentual de

aumento no óleo há redução de 1,25 unidade percentual no amido (Drackley, 1997).

O óleo suprido pelos grãos de alto óleo parece estar encapsulado dentro do embrião e é liberado lentamente no rúmen. Por isso, não têm sido relatados efeitos negativos do fornecimento de grandes quantidades de grãos de alto óleo sobre a fermentação ruminal (Drackley, 1997).

2.2.2. Perfil de aminoácidos modificado

Embora seja uma das culturas alimentícias mais importantes do mundo, o milho possui valor nutricional limitado para humanos e outros animais monogástricos, por ser deficiente em aminoácidos essenciais, especialmente lisina (Nelson, 1969). Mertz et al. (1964) demonstraram que a mutação *opaco-2* praticamente dobrava o conteúdo de lisina no endosperma do milho.

O alto teor de lisina é conseguido através da indução de alta atividade de enzimas que participam na biossíntese da lisina, e da redução na atividade das enzimas envolvidas no catabolismo da lisina. Com isso, consegue-se diminuir a fração “zeína” da proteína, que apresenta baixa qualidade (Mertz et al., 1964). Porém, algumas características indesejáveis são introduzidas com o *opaco-2*, como endosperma mole, maior susceptibilidade a patógenos, e menores rendimentos (Zarcadas et al., 1995).

A identificação de genes modificadores capazes de superar os efeitos negativos da mutação *opaco-2* levou ao desenvolvimento de genótipos *opaco-2* modificados, designados *Quality Protein Maize* ou simplesmente QPM (Villegas et al., 1992). Grãos QPM apresentam vitreosidade de genótipos normais, enquanto mantêm o elevado conteúdo de lisina e triptofano dos mutantes *opaco-2*.

Segundo Duarte et al. (2004), um programa de melhoramento de milho QPM apresenta-se como um processo complexo porque requer a manipulação simultânea de três sistemas genéticos: o gene *opaco-2*, os genes modificadores do endosperma e os genes que controlam o conteúdo de lisina.

2.2.3. Qualidade da fibra

Além do conteúdo de grãos, alguns fatores influenciam o valor nutricional da silagem de milho, como: a capacidade de ingestão, a composição química e a digestibilidade dos nutrientes. A digestibilidade dos ingredientes da dieta é dependente da concentração e da digestibilidade dos componentes individuais dos quais são compostos.

Assim como para outras forrageiras, a lignina é o maior limitante da digestibilidade da parede celular. A lignina age como uma barreira física que limita a penetração de enzimas na parede celular, e também limita o acesso de enzimas nos componentes da parede celular. Variações no conteúdo de lignina podem explicar, parcialmente, diferenças na digestibilidade da parede celular entre genótipos de milho (Cone e Engels, 1993).

Os melhoristas de plantas desenvolveram geneticamente mutantes de milho com a introdução dos genes *bm* (“Brown Midrib” ou genes de Nervura Marrom) no genoma do milho. Plantas que possuem nervura central de lâmina foliar marrom são geneticamente alteradas, e, apresentam menores teores de lignina, sendo que esta tem sua estrutura modificada com menores teores de ácido cumárico e maior acúmulo de grupos aldeídos. Isso faz com que as hastas dessas plantas sejam mais digestíveis (Mahanna, 1997). Segundo Nussio (1991), as plantas com nervura marrom possuem até 40% menos lignina que suas contrapartes normais.

Híbridos com nervura marrom têm sido usados como modelos para estudos sobre a relação entre a lignificação em uma mão, e a digestibilidade e ingestão voluntária em outra. Entre os quatro genes de nervura marrom (*bm1*, *bm2*, *bm3* e *bm4*) descritos no milho, o gene *bm3* se destaca, causando uma importante redução no conteúdo de lignina, sendo também o mais eficiente em aumentar a digestibilidade do milho (Lechtenberg et al., 1972).

Com a redução dos teores de lignina da forragem, conseguida através do gene *bm*, pode-se conseguir uma maior ingestão de matéria seca com os genótipos mutantes, já que estes materiais apresentam maior digestibilidade da fibra em detergente neutro (Oba, 1996). Dessa forma, o genótipo mutante pode ser utilizado em situações em que o animal, por motivos fisiológicos, não tem capacidade plena de ingestão de matéria seca (Allen e Oba, 1997).

Segundo Oba e Allen (1999), híbridos de milho com nervura marrom apresentam maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Bal et al. (2000), trabalhando com híbridos *bm3* e normais, observaram maiores degradabilidades da matéria seca e da FDN no rúmen para os *bm3*. Contudo, existe um limite para esta redução do teor de lignina e dos componentes da parede celular nos híbridos de milho, de forma que características agrônômicas como as resistências ao acamamento e às doenças não sejam intensificadas nos genótipos de baixa lignina (Buxton et al., 1996).

Além de híbridos de nervura marrom, híbridos de milho “folhosos” são também comercializados no mercado como híbridos específicos para a produção de silagem da planta inteira. Estes são caracterizados pelo maior número de folhas acima da linha da espiga e pelos teores de umidade mais elevados nos grãos e na planta inteira em relação aos híbridos comuns no estágio de maturidade (Bal et al., 2000).

2.2.4. Mercado brasileiro

Segundo Cruz e Pereira Filho (2006), para a safra de 2005/2006, estarão disponíveis para comercialização cerca de 237 cultivares de milho, sendo nove de milhos especiais (seis cultivares de milho de pipoca, uma de milho doce, uma de milho ceroso e uma para utilização de canjica). Cerca de 29 novas cultivares foram lançadas, substituindo 22 que deixaram de ser comercializadas, demonstrando assim a dinâmica dos programas de melhoramento e a importância do uso de semente no aumento da produtividade.

Existem no mercado variedades e híbridos. Uma variedade de milho é um conjunto de plantas com características comuns, sendo um material geneticamente estável e que, por essa razão, com devidos cuidados em sua multiplicação, pode ser reutilizada sem nenhuma perda de seu potencial produtivo (Cruz et al., 2002). Como nos anos anteriores, verifica-se um crescente aumento no número de híbridos simples (obtido pelo cruzamento de duas linhagens endogâmicas), de modificados (neste caso, é utilizado como progenitor feminino um híbrido entre duas progênes afins da mesma linhagem e, como progenitor masculino, uma outra linhagem) ou não, que representam hoje 40% das opções de mercado. Os híbridos simples e triplos (obtidos pelo cruzamento de um híbrido simples com uma terceira linhagem), modificados ou não, representam hoje cerca de 63,5% das opções para os produtores, mostrando uma tendência na agricultura brasileira e uma maior necessidade de se aprimorar os sistemas de produção utilizados, para melhor explorar o potencial genético dessas sementes. Com relação ao ciclo, as cultivares classificadas como precoces representam 64,55% das opções de mercado (Cruz e Pereira Filho, 2006).

Com relação à textura do grão, verifica-se uma predominância de grãos semiduros (48,10%) e duros (32,91%) no mercado. Materiais dentados são minoria (5,4%) e não são bem aceitos pela indústria. Grão dentado é uma característica desejada e freqüente em matérias para produção de milho verde e de silagem (Cruz e Pereira Filho, 2006).

2.3. INFLUÊNCIA DA TEXTURA DO GRÃO SOBRE A ALIMENTAÇÃO ANIMAL

2.3.1. Composição química do grão de milho

O grão de milho é composto por endosperma, embrião e pericarpo. A camada externa ou pericarpo é derivada da parede do ovário, e representa aproximadamente 5% do peso do grão, sendo pobre em amido e proteína e rica em fibra (87%). O embrião ou germe representa 11% do peso do grão. O germe é rico em lipídeos (33%) e proteína (20%) e pobre em amido. O endosperma, que representa mais de 80% do grão, contém um nível elevado de amido (87%), aproximadamente 8% de proteína e um conteúdo de óleo relativamente baixo (Fornasieri Filho, 1992).

As proteínas do endosperma do milho podem ser separadas em quatro frações maiores, de acordo com a solubilidade. As proteínas solúveis em água são chamadas albuminas, enquanto as proteínas extraídas com soluções salinas são referidas como globulinas. Subseqüente extração com álcool produz as prolaminas, e o restante, que permanece insolúvel e pode ser extraído em soluções aquosas ácidas e alcalinas, são as glutelinas. As quatro frações protéicas albuminas, globulinas, zeínas e glutelinas constituem aproximadamente 3, 3, 60 e 34%, respectivamente, do total das proteínas do endosperma (Coelho, 1997).

A camada mais externa do endosperma é chamada de aleurona, e em seguida vem o endosperma periférico (camada subaleurona). Mais internamente encontra-se o endosperma vítreo seguido do endosperma farináceo que é o mais interno (Kotarski et al., 1991). Considerando-se a importância do endosperma sobre o valor econômico e nutricional da planta de milho, é comum classificar a planta em função das características desse componente do grão. No endosperma do milho, geralmente a região vítrea e a região farinácea possuem micro estruturas diferentes. A proporção de endosperma vítreo e farináceo é o principal fator de definição da textura do grão (Shull et al., 1990).

2.3.2. Textura do grão de milho

Os grãos de milho são classificados quanto à textura em: amiláceo ou farináceo (“floury”); dentado (“dent”); duro ou cristalino (“flint”); pipoca (“pop corn”); doce (“sweet”) e ceroso (“waxy”). O grão do tipo farináceo é constituído por amido muito mole e poroso, de densidade baixa e geralmente com aspecto opaco, que é uma característica de caráter monogênico controlada por um destes genes: fl1, fl2 (“floury endosperm”), O₂ e O₇ (“opaque endosperm”). Esses genes promovem aumento no

teor de lisina na proteína do milho. O aumento de lisina no milho contendo esses genes deve-se à redução de fração protéica solúvel em álcool (zeína), que pertence ao grupo de prolaminas, e o conseqüente aumento nas frações albumina, globulina e gluteína (Fornasieri Filho, 1992). Nos grãos de milho tipo dentado ou mole ("dent"), os grãos de amido estão 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. Nos grãos de tipo 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 amiláceo. A textura dura é devida ao denso arranjo dos grãos de amido com proteína. Existem ainda os grãos semiduros e os semidentados, que apresentam características intermediárias (Cruz et al., 2006).

As bases bioquímicas, fisiológicas e estruturais da textura do endosperma dos grãos de milho e sorgo ainda não são bem compreendidas. No entanto, a composição protéica do grão e o arranjo ultraestrutural da matriz protéica nos endospermas vítreo e farináceo são os principais fatores determinantes (Chandrashekar e Mazhar, 1999).

A composição e distribuição das frações protéicas nos grãos estão envolvidas diretamente na textura do endosperma. Dentro das células, os grânulos de amido estão embebidos em uma matriz protéica. A densidade dessa matriz varia com a localização da célula no grão. No endosperma farináceo, o qual é opaco e de textura macia, a matriz protéica é descontínua e possui poucos corpos protéicos, e os grânulos de amido são esféricos, largos, pouco agregados e rodeados por espaços de ar (Robutti et al., 1974; Pratt et al., 1995), enquanto que a região vítrea é densa e bem desenvolvida (Wolf et al., 1952). Os corpos protéicos são constituídos principalmente por prolaminas enquanto que a matriz é constituída principalmente por glutelinas (Seckinger e Wolf, 1973). A matriz protéica parece ser um fator limitante para a digestão enzimática do amido nos cereais (Kotarski et al., 1991) e também responsáveis pelas diferenças na degradabilidade do amido nos grãos (Mc Allister et al., 1993).

Alguns estudos têm mostrado forte relação entre a concentração de prolaminas com a textura do endosperma nos grãos (Cagampang e Kirleis, 1984). Os endospermas vítreo e farináceo possuem distribuição diferente das proteínas específicas: a proporção de zeínas:proteínas solúveis em solução

salina é maior no endosperma vítreo do que no endosperma farináceo (Dombrink-kurtzman e Bietz, 1993). Segundo Chandrashekar e Mazhar (1999), a γ -zeína apresenta elevada capacidade de formação de pontes de enxofre entre moléculas, contribuindo para a rigidez do endosperma vítreo. A variação na degradabilidade ruminal do amido entre milhos dentados e duros pode estar relacionada com a distribuição das proteínas nos grãos.

Segundo Wolf et al. (1952), as células do endosperma farináceo são maiores e têm parede mais grossa que as células do endosperma córneo. A forma e o tamanho dos grânulos de amido também variam com sua localização no endosperma. As células do endosperma farináceo são desorganizadas e possuem grânulos grandes com superfícies lisas, indicando a ausência de pressão na região. Os grânulos são menores e bem compactados nas células do endosperma córneo (Robutti et al., 1974).

2.3.3. Efeito da vitreosidade sobre a degradabilidade do grão

A matriz protéica do endosperma duro é constituída por proteína e carboidratos diferentes do amido, sendo relativamente resistentes à água e a enzimas hidrolíticas. A interação com a proteína pode reduzir a susceptibilidade do amido à hidrólise enzimática, tanto em sua forma original como processado. Na porção farinácea, os grânulos de amido estão mais acessíveis ao ataque enzimático, porque no endosperma vítreo, a proteína é capaz de limitar a ação de amilase e o grânulo de amido pode estar completamente embebido na matriz protéica (Kotarski et al., 1991).

Os resultados de vários trabalhos confirmam que a degradabilidade do amido de milho tipo dentado é maior que a do tipo vítreo. Phillippeau et al. (1999), estudando a relação entre a degradação ruminal do amido e características físicas do grão de milho de 14 variedades de milho de diferentes vitreosidades (oito dentados e seis duros), encontraram degradabilidade efetiva média do amido de 61,9 e 46,2% nos tipos dentados e duros, respectivamente.

Avaliando dois tipos de milho diferindo na textura do endosperma do grão (um duro e um dentado), colhidos, respectivamente, em quatro e cinco estádios de maturidade, entre 22 e 78 dias após o florescimento, Phillippeau e Michalet-Dureau (1997) encontraram uma degradabilidade efetiva de 61,3 e 40,1% para o milho dentado e duro, respectivamente, no estágio de maturidade. O milho dentado teve uma menor vitreosidade que o milho duro, com 48,1 e 72,3%, respectivamente.

Philippeau et al. (2000) estudaram a influência da distribuição das proteínas do endosperma do milho na degradabilidade ruminal do amido usando 14 cultivares de milho diferindo na textura do endosperma (oito dentados e seis duros). A degradabilidade ruminal do amido foi negativamente relacionada à quantidade de zeínas (α, β, γ) ($P < 0,05$) e positivamente à quantidade de glutelinas verdadeiras ($P < 0,05$). Os autores concluíram que (α, β, γ) zeínas localizadas nos corpos protéicos podem limitar a acessibilidade dos grânulos de amido para os microorganismos ruminais.

Cantarelli (2003), avaliando a composição química, a vitreosidade e os valores nutricionais de diferentes híbridos de milho através de um ensaio de metabolismo em suínos, encontrou maior coeficiente de digestibilidade da matéria seca, coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e energia digestível para o híbrido dentado em relação aos híbridos duros, concluindo que o milho dentado apresenta menor vitreosidade e por isso, melhor valor nutricional quando comparado aos híbridos semidentado e duro, mostrando que a vitreosidade pode ser um bom parâmetro para selecionar híbridos de milho comum.

Philippeau e Michalet-Doreau (1998), estudando a influência do genótipo e da ensilagem do grão de milho na taxa e extensão da degradação ruminal do amido de duas cultivares de milho de diferentes texturas do endosperma (um duro e um dentado), encontraram no material não ensilado uma maior degradabilidade ruminal do amido para o dentado que para o duro, sendo 72,3 e 61,6% respectivamente. O processo de ensilagem aumentou a degradabilidade ruminal do amido em média 5,8%. A ensilagem induz à solubilização parcial das proteínas dos grãos, aumentando assim a acessibilidade dos microorganismos aos grânulos de amido (McAllister et al., 1993).

2.3.4. Fatores que interferem na vitreosidade do grão de milho

Corrêa et al. (2002) avaliaram a textura de grãos de 14 híbridos norte-americanos colhidos nos estádios de maturação de metade da linha do leite (ML), linha negra (LN) e 21 dias após a linha negra (maduro, MD) (essa camada preta ocorre progressivamente da ponta da espiga para a base que nada mais é do que a obstrução dos vasos, rompendo-se o elo de ligação da planta mãe e o fruto, passando o mesmo a apresentar vida independente. Dessa forma, a camada preta significa sinal de maturidade fisiológica, onde a linha do amido já avançou até a espiga e a camada preta já

foi formada.) comparados a cinco híbridos brasileiros colhidos no estágio MD. O endosperma vítreo como porcentagem do endosperma total (vitreosidade) e densidade (g/cm^3) dos grãos foram avaliadas em todas as amostras. Nos híbridos norte-americanos a vitreosidade aumentou linearmente com o avançar da idade da planta ($P < 0,001$), de 42,8 para 48,2% no estágio de maturidade MD. A correlação entre vitreosidade e a densidade dos grãos foi 0,87. A vitreosidade média dos cinco híbridos brasileiros foi 73,1% e a densidade foi $1,292 \text{ g/cm}^3$, maior que a dos 14 híbridos norte-americanos no estágio MD, 48,2% e $1,201 \text{ g/cm}^3$ ($P < 0,001$), respectivamente. Estes autores concluíram que com o avanço da maturidade nos híbridos dentados, a vitreosidade e a densidade dos grãos aumentaram e a degradabilidade do amido diminuiu, e também, a densidade é um procedimento mais simples de se medir que a vitreosidade, e parece ser um bom fator para prever a vitreosidade e a degradabilidade do amido.

Estudando oito híbridos dentados e seis duros, Philippeau et al. (1999) avaliaram características físicas dos grãos de milho. A vitreosidade média encontrada foi de 51,4 e 71,8% para dentado e duro, respectivamente. A densidade aparente foi menor ($P < 0,01$) para híbridos dentados do que para duros, $1,29$ e $1,36 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, e houve alta correlação com a vitreosidade do grão ($r^2 = 0,71$). A grande diferença encontrada entre a densidade dos híbridos dentados e duros pode ser explicada não apenas pelas diferenças na composição bioquímica, mas também pela diferença da quantidade de espaços de ar dentro do endosperma e conseqüentemente pela proporção de endosperma córneo e farináceo, já que o endosperma córneo é muito denso e o endosperma farináceo possui muitos espaços de ar (Watson, 1987).

Pereira et al. (2004) avaliaram os efeitos da textura e do estágio de maturidade sobre a degradabilidade ruminal dos grãos de milho. Dois híbridos dentados e dois duros foram colhidos nos estádios inicial da linha do leite, metade da linha do leite e linha preta. A proporção do endosperma vítreo dos híbridos dentados foi 44,3% e a dos duros foi 67%. Ocorreu aumento linear na vitreosidade com o avançar da maturidade. O aumento da vitreosidade por dia de maturação foi maior nos híbridos duros. Com isso, os autores concluíram que a utilização de híbridos dentados, comparativamente a híbridos duros, pode resultar em menor queda relativa na digestão ruminal do amido em situações de colheita tardia dos grãos.

Estudando características químicas de 18 amostras de grãos de milho com características físicas diferentes, Mestres e Mantencio (1996) avaliaram a classe e o conteúdo de proteína do endosperma do grão de milho e as relacionaram com propriedades físicas dos grãos. A vitreosidade teve alta relação com a proporção (%) de duas frações de γ -zeínas, onde a friabilidade aumentou quando o conteúdo de α -zeína diminuiu, e quando o conteúdo das frações de proteínas solúveis em solução salina aumentou.

2.4. QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHO

Segundo McDonald et al. (1991), a ensilagem consiste em um método de se preservar a forragem a partir da fermentação natural sob condições anaeróbicas. Além disso, a ensilagem tem como objetivo impedir a atividade dos microrganismos indesejáveis. A forma de inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis é através de um rápido abaixamento de pH da silagem a partir da fermentação do material. Os microrganismos responsáveis pela diminuição do pH são as bactérias lácticas presentes na forragem, as quais irão fermentar açúcar a ácido láctico. Uma outra maneira de se controlar o crescimento de microrganismos indesejáveis é através da redução do teor de umidade da forragem com a pré-secagem do material.

O milho é o cereal mais utilizado para a produção de silagem por possuir algumas características desejáveis, como adequados níveis de matéria seca, baixa capacidade tampão e adequados níveis de carboidratos solúveis. Durante o estágio vegetativo da planta de milho, os açúcares solúveis são os carboidratos mais importantes, mas após a fertilização estes reduzem e as concentrações de amido aumentam à medida que ocorre o desenvolver dos grãos (McDonald et al., 1991). Dessa forma, o milho não necessita de aditivos ou pré-secagem para a produção de uma boa silagem.

Vários pesquisadores definem uma planta ideal para ensilagem como aquela que apresenta alta porcentagem de grãos (Nussio, 1992; Santos, 1995; e Ximenes, 1991), fibra de boa digestibilidade e alta produção de massa. Além disso, é importante que a cultivar escolhida tenha características agronômicas favoráveis (Cruz e Pereira Filho, 2001) e seja adaptada à região.

Para a obtenção de uma silagem de boa qualidade é importante o controle de quatro variáveis biológicas principais: a respiração excessiva da planta, a proteólise, a atividade clostridiana e a atividade de microrganismos aeróbios. Para isso é necessário que se faça a colheita do milho no momento ideal, além

de uma rápida vedação e enchimento do silo. Com isso consegue-se um rápido abaixamento do pH e inibição da atividade clostridiana, e conseqüentemente, produção de silagem de boa qualidade (Muck, 1988).

2.4.1. Momento de colheita e teor de matéria seca da planta

Existe uma faixa de porcentagem de matéria seca que é ideal para a conservação da silagem, bem como para o consumo dos animais e para produção da silagem. Segundo Pionner (1993), para o milho este teor fica entre 28 e 35% de matéria seca. Segundo Silveira (1975), o teor de matéria seca funciona como um regulador do crescimento bacteriano, devendo estar entre 30 e 35%. Para outros autores, o teor de matéria seca recomendado está na faixa de 30 a 40% (Wiersma et al., 1993; Bryant et al., 1965; Mc Cullough, 1970).

Nussio (1991) sugere que para o milho o momento ideal de colheita é quando as plantas apresentam de 33 a 37% de matéria seca, o que deve ocorrer quando os grãos estiverem no estágio de farináceo – duro. Existem algumas vantagens em se cortar a planta neste estágio como aumento na produção de matéria seca por área mesmo havendo uma redução na produção de matéria verde, redução nas perdas no armazenamento através da redução na produção de efluentes e aumento no consumo da silagem.

Segundo Ferreira (2001b), o milho apresenta a produção máxima de matéria seca antes do acúmulo máximo de matéria seca nos grãos. Dessa forma, a máxima produção de matéria seca ocorre no estágio em que os grãos estão próximos a semi-duros. Assim, o estágio ideal para ensilagem do milho deve ser após o farináceo, quando o teor de matéria seca está na faixa de 30 a 35%.

Plantas colhidas com teores de matéria seca inferiores a 25% propiciam a proliferação e desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido butírico, perdas de valor nutritivo por lixiviação e degradação de proteínas (Evangelista, 1986). Além dessas características, apresentam menor produção por hectare e redução no consumo de matéria seca (Ferreira, 2001b), bem como alto teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total ($N-NH_3/NT$) e baixo teor de grãos (Costa, 2000).

Já plantas colhidas com elevados teores de matéria seca (valores acima de 35 a 40%) apresentam maior perda na colheita, dificuldade na compactação do material no silo, aquecimento excessivo da massa ensilada e menor taxa de fermentação (Ferreira, 2001b). Ocorrem ainda excessivas perdas por

quebras de caule no campo, perdas de folhas e queda de espigas. A dificuldade na compactação irá permitir a atividade de microrganismos aeróbios, levando ao aquecimento e oxidação de nutrientes (Xiccato et al., 1994).

Os teores de matéria seca da planta podem ser determinados por métodos laboratoriais ou a campo. Os métodos de laboratório envolvem a utilização de balanças de precisão e estufas com temperatura controlada (Shaver, 1997). Outros métodos também são utilizados como o forno de microondas e outro método conhecido nos Estados Unidos como “koster”, que é um kit com balança e aquecedor elétrico. Os métodos de campo são baseados no conhecimento do ciclo da planta e suas características físicas, incluindo as dos grãos. Assim, pode-se correlacionar o aspecto físico da planta e dos grãos com teor de matéria seca nos diferentes estádios de maturação (Ferreira, 2001b).

2.4.2. Fração protéica

Durante o processo de fermentação da silagem, a porcentagem de proteína bruta não varia muito, porém o método utilizado para a dosagem de proteína bruta não leva em consideração as alterações na fração nitrogenada. Dessa forma, os resultados das análises serão conclusivos apenas quando acompanhados de dados que avaliem a constituição da fração protéica (Van Soest, 1994).

A degradação da fração protéica se deve à ação das enzimas proteolíticas da própria planta, que irão degradar a proteína verdadeira em aminoácidos e peptídeos, e também à ação de microrganismos anaeróbicos, que irão degradar aminoácidos até amônia, gás carbônico, ácidos graxos de cadeia curta, e outras aminas (Ohshima e McDonald, 1978).

O conteúdo de amônia nas silagens é expresso como porcentagem de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) em relação ao nitrogênio total (NT). O teor de $N-NH_3/NT$, juntamente com o pH da silagem, podem dar uma idéia de como ocorreu o processo de fermentação. O teor de $N-NH_3/NT$ inferior a 10%, indica que não houve degradação excessiva de aminoácidos, mas quando este valor é superior, significa que a quebra foi excessiva (Bernardino, 1996). Segundo Van Soest (1994), estes valores são importantes, pois silagens contendo altos níveis de $N-NH_3/NT$ podem levar a menor consumo pelos animais e menor eficiência de síntese de proteína microbiana.

A ação das proteases das plantas são influenciadas por dois fatores principais: a temperatura e o

conteúdo de matéria seca da forragem, sendo que a temperatura está correlacionada positivamente e o teor de matéria seca negativamente com a atividade proteolítica. Estes dois fatores irão influenciar a taxa de fermentação no silo e a queda do pH, onde as forragens que possuem maiores temperaturas e menores teores de matéria seca sofrem maior proteólise. Para que estes problemas sejam minimizados, é necessário que as condições de anaerobiose sejam promovidas o mais rapidamente possível, para que haja o estímulo para o crescimento de bactérias produtoras de ácido láctico, e com isso uma queda rápida do pH da silagem, reduzindo a atividade das enzimas proteolíticas (Muck, 1988). Segundo Heron et al. (1989), a melhor maneira de se controlar estas proteinases é através de uma rápida queda do pH do silo, sendo que em pH igual a 4,0 não há atividade enzimática presente.

Os principais microrganismos que prejudicam a qualidade da silagem são os clostrídios. Estes podem contaminar a silagem a partir de esporos derivados de partículas de solo. O crescimento clostridiano é estimulado pelo baixo conteúdo de matéria seca, pela alta capacidade tampão da forragem e pelo fechamento inadequado do silo. Silagens que possuem grande desenvolvimento de clostrídios são caracterizadas por apresentarem alto pH e altos conteúdos de amônia (maior que 20% do nitrogênio total) e ácido butírico, o que irá acarretar uma silagem de baixo consumo e baixa utilização de nitrogênio pelos animais (Berchielli et al., 2006).

2.4.3. pH

A queda rápida do pH é de fundamental importância para uma boa preservação da qualidade da silagem, pois esta acarretará numa redução na extensão da proteólise e também na inibição do crescimento de bactérias anaeróbicas indesejáveis (clostrídios) na silagem. A rápida queda do pH ocorre a partir da promoção das condições de anaerobiose, do fornecimento de quantidade adequada de substratos rapidamente fermentáveis e também é dependente da capacidade tamponante da forrageira (Antunes, 2001).

As bactérias lácticas são altamente tolerantes a acidez, sendo que seu crescimento ocorre numa variação de pH de 4,0 a 6,8 e temperatura de crescimento variando de 5 a 50°C, sendo que para a maior parte das cepas a temperatura ideal de crescimento está em torno de 30°C. As bactérias lácticas, estando em condições de anaerobiose, podem fermentar um grande número de substratos (hexoses e pentoses) por várias rotas metabólicas (Zhang et al., 2000).

A partir do momento em que a produção de ácido láctico proveniente da fermentação supera a capacidade tampão da forragem, ocorre a queda do pH (McDonald et al., 1991). Isto ocorre juntamente com o consumo dos carboidratos rapidamente fermentáveis e da hemicelulose. Além do valor do pH final da silagem estabilizada, é de fundamental importância o valor da taxa de queda do pH para que ocorram as inibições do crescimento dos microrganismos indesejáveis e também das enzimas proteolíticas da forragem (Costa, 2000).

O pH da silagem estabilizada é determinado pelas condições do processo fermentativo, como o consumo de carboidratos solúveis, o desenvolvimento de bactérias lácticas e o abaixamento do pH. Uma silagem para ser considerada de boa qualidade deve possuir um pH na silagem estabilizada inferior a 4,2. No caso de demora de abaixamento de pH irão ocorrer perdas na silagem devido à fermentação butírica. Assim, a variação do pH da silagem durante o decorrer do processo de fermentação é um critério que deve ser avaliado juntamente com o pH da silagem estabilizada (Paiva, 1976; Costa, 2000).

2.4.4. Carboidratos

No processo de ensilagem, a base da preservação do material é a produção de ácidos orgânicos oriundos da fermentação dos açúcares solúveis. Assim, o conteúdo de açúcares solúveis da planta deve ser o suficiente para promover a fermentação e a produção de ácidos suficientes para a conservação da planta (Ferreira, 2001a). Os principais fatores que irão influenciar o conteúdo de carboidratos solúveis são a espécie, o estágio de crescimento, a cultivar, a intensidade luminosa e a temperatura (Pettersson e Lindgren, 1990).

Segundo Ferreira (2001a), os teores mínimos de carboidratos solúveis adequados para que haja uma adequada fermentação para obtenção de uma silagem de boa qualidade, variam de 6 a 12% da matéria seca. Zago (1991) concluiu que os teores de açúcares solúveis suficientes para um adequado processo fermentativo devem ser ao redor de 6 a 8% na matéria seca.

Dois fatores estão relacionados à eficiência de produção da acidez necessária: um é a respiração da planta e fermentação aeróbia, e o outro fator é o poder tampão da forragem ensilada. Portanto, tão importante quanto o teor de carboidratos solúveis na planta é o manejo correto do processo de ensilagem, para que, dessa forma, os carboidratos solúveis sejam usados na produção de ácidos orgânicos (Ferreira, 2001a).

No milho, os principais carboidratos solúveis são sacarose (60 a 75% dos carboidratos solúveis), frutose e glicose (Mc Allan e Phipps, 1977). Esses carboidratos são rapidamente fermentados, sendo que os seus teores remanescentes nas silagens são baixos, mesmo quando os teores originais são altos (Antunes, 2001). Dessa forma, plantas com grande participação de grãos são desejáveis, pois a participação do amido como fonte de carboidratos para a fermentação é pequena, garantindo maior disponibilidade de energia na silagem para a alimentação animal (Bernardino, 1996). O amido, a pectina e a hemicelulose podem permanecer intactos em um processo de fermentação estável onde se destacam as bactérias produtoras de ácido láctico, mas podem ser fermentados por outros microrganismos indesejáveis (Van Soest, 1994).

Rocha Júnior (1999) encontrou que carboidratos solúveis na silagem de sorgo foram quase completamente consumidos nos sete primeiros dias de ensilagem. Já Maia (2001) concluiu que carboidratos solúveis foram completamente consumidos em cinco dias. Antunes (2001) observou que a partir do quinto dia não houve diferença nos teores de carboidratos das silagens dos híbridos avaliados.

Os principais ácidos orgânicos encontrados nas silagens são os ácidos láctico, acético, butírico, isobutírico, propiônico, valérico, isovalérico, succínico e fórmico, sendo os três primeiros os mais importantes. O ácido láctico é produzido por bactérias lácticas homo e heterofermentativas, já o acético é produzido por enterobactérias, bactérias lácticas e em menor proporção por clostrídios. O butírico é produzido principalmente pelos clostrídios. O ácido láctico é o principal ácido responsável pela queda do pH, por apresentar uma maior constante de dissociação (Harrison e Blauwiekel, 1994).

Os carboidratos estruturais também fornecem substrato energético para a fermentação, porém em menor grau. O principal carboidrato estrutural consumido é a hemicelulose. Maia (2001) encontrou uma redução média de 25% nos teores de hemicelulose na silagem de milho no 56º dia de fermentação. Antunes (2001) observou uma redução de 25,5% aos 56 dias de fermentação. A redução dos teores de hemicelulose ocorreu quando os teores de carboidratos solúveis das silagens já tinham praticamente se esgotado para todos os genótipos, mostrando que a hemicelulose serviu como fonte de energia alternativa para que os microrganismos produzissem os ácidos da fermentação, explicando a queda do pH com o avanço da fermentação, mesmo

após o consumo completo dos carboidratos solúveis (Antunes, 2001).

2.4.5. Digestibilidade

Além da composição bromatológica da planta, é importante o conhecimento da digestibilidade, pois esta irá expressar a porção da matéria seca da planta que será digestível para o animal (Ferreira, 2001b). A digestibilidade é a forma mais completa de se avaliar a qualidade de uma silagem, sendo que esta tem sido determinada por métodos *in situ* ou *in vitro*, já que envolve tanto a parte vegetativa quanto o conteúdo dos grãos.

Segundo Hunt et al. (1993), algumas evidências sugerem que um aumento no valor nutritivo das silagens de milho pode ser conseguido através da seleção de plantas com maior digestibilidade.

Na silagem, a digestibilidade é influenciada por fatores diversos, tanto referentes à planta como fatores ligados ao processo de produção da silagem, como o momento da colheita e mudanças ocorridas durante o processo de fermentação (McDonald et al., 1991).

Os processos de conservação de forragem causam alterações acentuadas na composição química da forragem e, dependendo da intensidade dessas alterações, pode haver redução no valor nutritivo e na qualidade da forragem conservada. Porém, quando o processo de ensilagem ocorre de forma apropriada, os valores de digestibilidade das silagens e das plantas verdes são muito próximos (Berchielli et al., 2006).

Um dos principais fatores que levam à redução da digestibilidade do material ensilado é o superaquecimento. Este ocorre devido ao consumo do oxigênio retido no silo através da respiração de células da planta e microrganismos indesejáveis, produzindo calor. O excesso de oxigênio dentro do silo pode ser causado devido a uma demora no enchimento dos silos, uma compactação inadequada ou por falhas na vedação do silo. O superaquecimento pode resultar em reação de Maillard, onde açúcares livres formam polímeros, que serão medidos como fibra e como nitrogênio insolúvel em detergente ácido, reduzindo assim a digestibilidade do nitrogênio e da fibra (Wilkinson, 1983; McDonald et al., 1991, Van Soest, 1994).

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) pode alterar a degradabilidade, sendo que quanto menor for o teor de FDN, maior será a degradabilidade da forragem. Com a maturação da planta, irá ocorrer aumento dos teores de lignina, e conseqüentemente,

redução na digestibilidade dos componentes da parede celular (Cone, 1993). Além disso, com o avanço da maturidade da planta, vão ocorrer maiores perdas em relação à folha, aumento da relação colmo/ folha, aumentando os teores de FDN e de fibra em detergente ácido (FDA), além da translocação de nutrientes para os grãos (Tolera, 1998).

No caso da silagem de milho, a redução na digestibilidade devido ao avanço da maturidade da planta é restrita, pois a redução da qualidade da folha e da haste é compensada pelo aumento na proporção de grãos (McDonald et al., 1991).

Alguns trabalhos (Coors, 1996; Oliveira et al., 1997) mostram não haver correlação entre a percentagem de grãos e a digestibilidade da porção volumosa (haste e folhas) da silagem de milho. Estes trabalhos mostram que o aumento na percentagem de grãos na matéria seca total diminui a digestibilidade das outras partes da planta, não havendo relação com a digestibilidade da silagem. Isto significa que a percentagem de grão também é importante, mas que a digestibilidade da porção volumosa deve ser avaliada se se pretende determinar a qualidade do material (Silva et al., 1999).

Vários fatores podem afetar a digestibilidade da silagem como, por exemplo, o tamanho de partículas. Além disso, Sanches (1985) acrescenta outros fatores importantes como a composição da dieta, o efeito associativo e apresentação física dos alimentos, a temperatura ambiente, o consumo de água e a taxa de fermentação ruminal. A conservação das silagens também pode afetar a digestibilidade, de forma que silagens mal preservadas, com fermentação butírica ou acética, o teor de fibra bruta e lignina podem aumentar, resultando em menor digestibilidade e consumo da silagem (McDonal et al., 1991).

2.5. TÉCNICA DE DEGRADABILIDADE *IN SITU*

Esta metodologia de pesquisa foi desenvolvida inicialmente por Quin et al. (1938) usando sacos de náilon suspensos no rúmen com material a ser estudado. Posteriormente, Meherez e Orskov (1977) retomaram e divulgaram o método, propondo um modelo exponencial de desaparecimento em diferentes tempos.

Segundo Meherez e Orskov (1977), esta técnica é utilizada para mensurar o desaparecimento dos constituintes do alimento a partir de sacos contendo a dieta a ser testada, após a incubação no rúmen por vários períodos de tempo. Outro fator que estimulou

o uso de sacos de náilon em estudos de digestibilidade, foi a necessidade de uma técnica rápida para se mensurarem as proporções dos constituintes dos alimentos que eram susceptíveis a fermentação ruminal. Além disso, a taxa de degradação dos carboidratos é um importante fator relacionado com a capacidade de consumo voluntário dos ruminantes (Balch e Campling, 1962) e a degradação da proteína no rúmen influencia a suplementação protéica para os animais e a disponibilidade de nitrogênio no rúmen para os microrganismos (Meheretz e Orskov, 1977).

Existem dois tipos de interesse no que diz respeito à avaliação da digestibilidade de uma forragem, sendo o primeiro a necessidade de se comparar diferentes forrageiras, considerando que a mais digestível irá apresentar maior retorno produtivo dos animais, e o segundo a formulação de modelos mecanísticos que expressem o fenômeno considerando os fatores inerentes ao alimento oferecido (Sampaio, 1997).

Segundo Huntigton e Givens (1995), existem vários trabalhos que mostram existir alto coeficiente de correlação entre a técnica *in situ* e *in vivo*. Porém, a técnica *in situ* tem sido preferida por ser menos trabalhosa, de menor custo e requerer menor quantidade de alimento necessária.

A suspensão dos sacos dentro do rúmen permite o contato do alimento estudado com o verdadeiro ambiente ruminal (temperatura, pH, substrato tampão, enzimas), porém o alimento não está sujeito à experiência ruminal completa, como mastigação, ruminação e passagem (Nocek, 1988). Existem várias condições experimentais que efetivamente influenciam na avaliação da digestibilidade *in situ* (Sampaio, 1997). Dentre estas podem-se destacar os efeitos do tamanho das partículas, dos poros do tecido dos sacos, o posicionamento do material no rúmen, quantidade de alimento nos sacos, lavagem prévia à incubação, hora de incubação, frequência de alimentação, espécie animal, etc (Huntington e Givens, 1995). Condições insatisfatórias para o desenvolvimento da microbiota ruminal podem alterar o modelo proposto (Barbosa, 1996). Segundo Nocek (1988), a dieta é o maior fator que determina a quantidade e tipos de microrganismos e portanto a taxa e extensão da digestão dos nutrientes da dieta.

A porosidade apropriada é aquela que permite um ajuste entre limitar o influxo de conteúdo ruminal e permitir o influxo da microbiota ruminal para degradar o alimento a ser testado, porém não deve permitir a saída de partículas do alimento (Nocek, 1988). O tamanho adequado dos poros é difícil de se determinar, e depende do tamanho da partícula da amostra e da natureza do alimento a ser estudado. A

perda de partículas não degradadas superestima a degradabilidade, além disso, o aumento da porosidade favorece o influxo de partículas finas da digesta subestimando a degradabilidade do material (Huntington e Givens, 1995). Nocek (1988) sugere que o tamanho ideal dos poros deve estar entre 40 e 60 μm .

Vazant et al. (1998) sugerem que existe uma interação entre a moagem da amostra e a porosidade dos sacos. Para volumosos, Nocek (1988) recomenda a moagem das amostras a 5mm para que haja maior uniformidade da amostra. Vazant et al. (1998) recomenda que a moagem das amostras seja feita passando por peneiras entre 1,5 e 3,0 mm para concentrados e 1,5 a 5,0 mm para volumosos.

A quantidade de amostra incubada deve ser aquela que irá oferecer quantidades suficientes de resíduos para que sejam realizadas as análises químicas, e também, de tal modo que não fiquem muito repletos atrasando o ataque bacteriano (Nocek, 1988). Huntington e Givens (1995) sugerem a relação de 16 mg/cm^2 , deste que as amostras não contenham alto teor de umidade. Já Nocek (1988) e Vazant et al. (1998) sugerem que o limite na relação entre quantidade de amostra e área superficial é de 10 a 20 mg/cm^2 para a maioria dos volumosos e concentrados. Quando a quantidade de amostras aumenta muito em relação a superfície do saco, ocorre uma compactação dos alimentos restringindo a chegada de fluido ruminal e seu contato com as partículas do alimento, reduzindo assim a taxa de digestão (Nocek, 1988).

Outro fator que pode afetar a degradabilidade *in situ* dos alimentos é o posicionamento dos sacos incubados. Huntigton e Givens (1995) citam que a restrição dos movimentos dos sacos no rúmen pode subestimar o desaparecimento do material.

A dieta é o principal fator que determina os tipos e a quantidade de microrganismos no rúmen, e conseqüentemente, a taxa de digestão e extensão da digestão dos nutrientes (Nocek, 1988). A dieta deve oferecer as exigências de nitrogênio e energia da microbiota ruminal. Além disso, deve ser composta de fibras longas que executem a ação abrasiva sobre os sacos incubados (Nocek, 1988; Huntington e Givens, 1995).

A espécie animal a ser utilizada também influencia os resultados experimentais. Têm sido utilizadas vários animais como vacas, novilhas, ovelhas, cabras e cavalos. Além disso, dentro da própria espécie ocorrem variações segundo o estado fisiológico dos animais e também variações quanto ao sexo. Estudos têm mostrado diferenças

relacionadas à idade, gestação e estágio de lactação (Nocek, 1988).

A seqüência de incubação também pode influenciar as taxas de digestão. Segundo Vazant et al. (1998) a incubação de sacos em diferentes horários submeteria-os a diferentes condições de ambiente ruminal, alterando os valores de degradação.

As partículas do alimento a ser testado estão em contato íntimo com a microflora ruminal, o que se torna uma fonte de contaminação potencial e uma fonte de variação na digestibilidade dos nutrientes do alimento, especialmente do nitrogênio (Nocek, 1988). Segundo Huntington e Grivens (1995), este fator é afetado principalmente pela forma em que é realizada a lavagem dos sacos após sua retirada do rúmen.

Os tempos de incubação a serem determinados são dependentes da taxa de degradação esperada para o material a ser incubado, sendo que os intervalos devem estar entre 5 e 96 horas, com pelo menos 3 pontos entre eles (Sampaio, 1997).

Segundo Mertens (1993), o modelo matemático deve representar os conceitos biológicos para os processos descritivos. Sampaio (1997) sugere que os modelos não lineares com menor número de parâmetros devem ser preferidos. Sampaio (1988), comparando modelos que descrevem a degradação ruminal, observou que o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979) foi o modelo mais eficiente.

O modelo de Orskov e McDonald (1979) é o mais utilizado para descrever a degradação potencial (DP) do alimento, onde:

$$DP = a + b * [1 - \exp(-ct)]$$

Em que,

a é a fração imediatamente solúvel se não houvesse o lag time;

b é a fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse o lag time;

c é a taxa constante de degradação do material potencialmente degradável por ação da microbiota (b);

t é o tempo de incubação no rúmen;

Como a taxa de passagem afeta a degradação no rúmen, Orskov e McDonald (1979) desenvolveram um modelo dinâmico incluindo a taxa de passagem (k), determinando assim a degradabilidade efetiva (DE):

$$DE = S + [(b*c)/(c+k)], \text{ onde:}$$

S é a percentagem solúvel em água do material obtido pela lavagem dos sacos;

k é a taxa fracional de passagem;

b e c são os mesmos parâmetros da equação anterior.

McDonald (1981) sugere a existência do tempo de colonização das partículas no rúmen, onde a estimativa do tempo de colonização (lag) é calculada da seguinte forma:

$$\text{lag} = 1/c \ln (b'/a' + b' - S)$$

Sendo a, b, c e S os mesmos parâmetros citados anteriormente, e a' e b' constantes da equação de degradabilidade potencial (Orskov, 1997).

3. MATERIAL E MÉTODOS

As cultivares estudadas foram cultivadas e colhidas no campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, na região metalúrgica de Minas Gerais. A Embrapa Milho e Sorgo situa-se nas coordenadas 19° 28' de latitude sul e 44° 15' de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 732 metros. O plantio ocorreu durante a segunda quinzena de outubro até a primeira quinzena de novembro. Para a semeadura do milho, foi utilizado um espaçamento entre linhas de 80cm, colocando-se de 5 a 7 sementes por metro linear, sendo que a densidade utilizada foi de aproximadamente 50000 plantas por hectare. A adubação foi realizada após análise de solo, sendo utilizado 300 kg por hectare de 4 - 30 - 16 + zinco (N-P-K, sendo nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente), e também uma adubação de cobertura com sulfato de amônio 30 dias após o plantio. A colheita foi realizada com aproximadamente 110 a 120 dias após o plantio e o material foi ensilado em silos tipo trincheira, onde foi bem compactado, e aberto para o fornecimento aos animais de 25 a 30 dias após vedação do silo.

As análises laboratoriais foram conduzidas nos laboratórios de nutrição animal da Escola de Veterinária da UFMG e da Embrapa Gado de Leite.

3.1. CARACTERÍSTICAS DAS CULTIVARES

As cultivares avaliadas apresentavam como característica principal a diferença de textura dos grãos.

BRS 3060: É uma cultivar de ciclo semi-precoce, utilizada para produção de silagens de grãos. A textura dos grãos é do tipo semi-dentado, possui porte médio e uma população de plantas recomendada de 50000 plantas/ha. Além disso,

apresenta caracterizações especiais como alta produtividade, e é eficiente na utilização do fósforo.

SHS 4040: É um híbrido duplo, de ciclo precoce. O plantio pode ser realizado cedo, normal, tardio ou de safrinha. É utilizado para a produção de grãos e para silagem. Seus grãos são de cor laranja e de textura dura. A densidade de plantas ideal é de 50000 a 55000 plantas/ha, são plantas altamente resistentes ao acamamento, onde a altura da espiga pode chegar até 1,30 m e a planta inteira até 2,40m.

AG 1051: Híbrido duplo, de ciclo semi-precoce e pode ser plantado cedo, normal, tardio ou safrinha. Seu uso é para silagem, produção de grãos e para milho verde. Possui os grãos de cor amarela e textura dentada. A densidade ideal de plantas é de 40000 a 50000 plantas/ha, são plantas altamente resistentes ao acamamento, e a altura da espiga de até 1,60 m e da planta inteira de 2,60 m.

QPM 129: A cultivar apresenta grãos semi-duros e perfil de aminoácidos modificados. É um híbrido triplo e de ciclo normal.

3.2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a avaliação da degradabilidade ruminal *in situ*, o estudo foi realizado em quadrado latino 4x4, onde foram utilizadas quatro novilhas mestiças (holandês x zebu) fistuladas no rúmen, com peso aproximado de 400 kg. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, sendo o arraçoamento realizado às 7h30min e às 16h30min horas. Os animais foram alimentados com dieta composta de 70% de silagem de milho, respectiva ao tratamento experimental, e 30% de concentrado (base na matéria seca). A água era fornecida à vontade. As cânulas ruminais eram inspecionadas diariamente, e quando necessária era feita a limpeza de feridas e a aplicação de repelentes para evitar a instalação de miíases.

O experimento foi realizado em quatro fases, iniciando em 30 de agosto de 2003 e terminando em 22 de novembro do mesmo ano, sendo que em cada fase um animal recebia um tratamento, de forma que ao final do experimento todos animais receberam todos os tratamentos. Quando um animal mudava de tratamento, era feito um período de adaptação de 14 dias para adaptação da microflora ruminal. Esta adaptação era feita de forma que o animal recebia a silagem correspondente a que seria incubada no rúmen na fase seguinte.

Para a incubação ruminal, foram usados sacos de náilon com 46 µm de abertura dos poros, com cerca de 20 mg de amostra por cm² (Nocek, 1988). Os sacos foram secos em estufa a 65°C por 24 horas e

pesados. Posteriormente, cheios com 5g de amostra previamente moída a 5 mm. Em seguida, os sacos eram fechados com borracha elástica, presos a um aro de metal que era preso a uma presilha que mantinha seis aros, ou seja, seis sacos. As presilhas eram presas a uma corrente de ferro que continha um cilindro de ferro na ponta servindo de âncora.

Antes da incubação, que era realizada às 8h, todos os sacos eram mergulhados em um balde contendo água a temperatura ambiente por 30 minutos. Aqueles sacos referentes ao tempo zero, os quais foram utilizados para o cálculo da estimativa da fração solúvel mais as partículas com tamanho reduzido que atravessaram os poros dos sacos de náilon, foram retirados do balde e congelados em freezer a -10°C. Os demais foram colocados no rúmen e retirados à 6, 24 e 96 horas após incubação, sendo então congelados. Foram colocados 2 sacos por período de incubação, dando um total de 6 sacos por animal.

Após chegada no laboratório, os sacos foram descongelados, lavados manualmente em água corrente à temperatura ambiente até que esta se mostrasse límpida. Após a lavagem, os sacos eram secos em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, pesados, e o material de um mesmo animal, tratamento e período de incubação foram transformados em um “pool” homogêneo, para posterior moagem a 1mm e análise quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), amido, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina.

A determinação da degradabilidade da MS, PB, amido, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina foi feita utilizando-se o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979), utilizando-se os procedimentos de Marquardt com auxílio do programa SAEG 9.0, onde:

$$DP = a + b * [1 - \exp(-ct)], t > \text{lag}$$

Onde,

a é a fração imediatamente solúvel se não houvesse o lag time;

b é a fração potencialmente degradável sob ação da microbiota, se não houvesse o lag time;

c é a taxa constante de degradação do material potencialmente degradável por ação da microbiota (b);

t é o tempo de incubação no rúmen;

As degradabilidades efetivas (DE) foram calculadas segundo o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979), onde:

$$DE = S + [(b*c)/(c+k)], \text{ onde:}$$

S é a percentagem solúvel em água do material obtido pela lavagem dos sacos;

K é a taxa fracional de passagem, sendo aqui considerada de 0,02 e 0,05;

b e c são os mesmos parâmetros da equação anterior.

O tempo de colonização das partículas no rúmen (lag) foi calculado pela equação proposta por McDonald (1981), onde:

$$\text{Lag} = (1/c) \cdot \ln(b/a^2 + b^2 - a)$$

a, b e c são os mesmos parâmetros das equações anteriores.

Já o potencial máximo de degradação (A) foi determinado por $a^2 + b^2$.

3.3. ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostras de cada silagem foram coletadas, pré-secadas em estufas de ventilação forçada (55°C por 72 horas) e moídas a 1 mm. Assim, juntamente com as amostras dos resíduos de incubação ruminal, todas as amostras foram submetidas às análises de MS, PB, amido, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina.

Os teores de MS foram determinados em estufa a 105°C (AOAC, 1980), os de PB por reflectância no infravermelho próximo (NIRS) em aparelho NIR VIS Bhuler com transformada de Fourier, a determinação do amido no aparelho Biochemistry Analyser Model 2700 Select (YSI Inc, Yellow Springs, Ohio, EUA), FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina pelo método seqüencial de Van Soest et al. (1991), sendo que as análises de FDN e FDA foram realizadas no aparelho Analisador de fibra Ankom 220 (Ankom Technology, Macedon, NY, EUA).

3.4. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Tabela 1. Análise de variância.

Fontes de variação (FV)	Graus de liberdade (GL)
Total (Parcelas)	15
Período	3
Novilhas	3
Tratamentos	3
Erro (a)	6
Total (Sub-parcelas)	63
Parcelas	15
Tratamentos x Tempo	6
Tempo	2
Erro (b)	40

O delineamento estatístico utilizado foi em quadrado latino 4x4, para a comparação das médias entre os tratamentos foi utilizado o teste SNK

(Student Newman Keuls) ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), utilizando-se o esquema de análise de variância descrito na Tabela 1:

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. MATERIAL ORIGINAL

Na Tabela 2 está representada a composição química das silagens de milho utilizadas para a incubação ruminal.

Os teores de matéria seca variaram de 46,1 a 48,1%, com uma média de 47,27%. Valadares Filho et al. (2006) encontraram, em um universo de 329 observações, uma média de 30,92% de matéria seca (MS) para silagem de milho. Já Costa (2000), avaliando as silagens de milho de 12 cultivares na safra 97/98, encontrou uma variação nos teores de MS de 35,07 a 44,92%, próximos aos encontrados no presente estudo. Neiva et al. (1998), obtiveram silagens de milho consideradas de boa qualidade tanto com 35% quanto com 45% de MS. Segundo Nussio (1991), o ponto ideal para ensilagem está entre 33 e 37% de MS, já Pizarro e Andrade (1978) citam que o momento ideal está entre 30 e 38% de MS. Johnson et al. (1999) obtiveram silagens de boa qualidade com os teores de MS variando de 38 a 44%. Segundo Nussio e Monzano (1999), a variação nos teores de MS pode ser explicada pelo rápido aumento de 0,5% por dia, após o estádio de grãos leitosos. Como os materiais utilizados neste estudo foram colhidos em um curto intervalo de tempo, houve pouca variação no teor de MS das silagens.

Os altos teores de MS encontrados nas silagens avaliadas no presente estudo podem ser explicados pelo estádio de maturidade das plantas no momento do corte. Além dos altos teores de MS, as silagens avaliadas também apresentaram altos teores de amido. Segundo Phipps e Weller (1979), o avanço da maturidade da forragem do milho está relacionado com o aumento dos teores de MS da silagem e também com o aumento da relação espiga:haste à partir da translocação de nutrientes para os grãos, aumentando assim os teores de amido.

Os valores de proteína bruta (PB) variaram de 7,10 a 8,51%. Valadares Filho et al. (2006) encontraram valores médios de 7,26% de PB para silagens de milho. Maia (2001) encontrou valores de PB variando de 6,83 a 8,30%. Antunes (2001) encontrou valores de PB variando de 7,82 a 8,76% para silagens de milho, com uma média de 8,20%. Fontaneli et al. (2002), com o objetivo de desenvolver curvas de calibração para a silagem de milho, avaliaram os teores de PB de 246 amostras

com o método de reflectância no infravermelho próximo (NIRS), e encontraram valores de PB variando de 5,43 a 10,52%, com uma média de 7,86%, sendo estes valores próximos aos encontrados no presente estudo. Assim, Fontaneli et al. (2002) concluíram que o método NIRS pode ser utilizado na predição dos valores de PB de silagens de milho com elevada acurácia. Todos os tratamentos apresentaram teores de PB acima de 7%, sendo que para Church (1993) este seria o limite mínimo de PB necessária para o desenvolvimento adequado das bactérias ruminais.

Tabela 2. Composição química (% da MS) das silagens das quatro cultivares de milho

Composição (% da MS)	QPM 129	AG 1051	BRS 3060	SHS 4040
MS	47,3	48,1	47,6	46,1
PB	8,20	8,51	7,10	7,66
AMIDO	35,49	44,30	38,14	35,69
FDN	52,41	44,12	44,57	56,55
FDA	26,23	22,63	23,33	25,36
HCEL	26,17	21,49	21,24	31,18
CEL	19,53	16,74	18,34	17,11
LIG	4,09	3,32	3,75	3,87

MS – Matéria seca; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; HCEL – hemicelulose; CEL – celulose; LIG - lignina.

Os teores de amido variaram de 35,49 a 44,30%, com uma média de 38,40%, sendo que a cultivar AG 1051 (grão tipo dentado) se destacou entre os demais, apresentando um valor de 44,30%. Estes valores encontrados foram superiores aos citados por Valadares Filho et al. (2006), que em um universo de 11 observações encontraram uma média de 25,63% de amido nas silagens de milho. Andrae et al. (2001), avaliando duas cultivares de silagens de milho em estágios de maturidade diferentes com diferentes tamanhos de partículas, encontraram uma variação de 27,37 a 41,66%, sendo que os maiores valores encontrados foram para o estágio mais avançado de maturidade. Os valores encontrados no experimento de Andrae et al. (2001) foram próximos aos valores encontrados no presente estudo.

Para a fibra em detergente neutro (FDN), foi encontrado um valor médio de 49,41%, sendo a variação encontrada de 44,12 a 56,55%, onde os maiores valores encontrados neste experimento são semelhantes aos valores encontrados por Costa (2000), que encontrou uma variação de 48,23 a 55,40% de FDN nas 12 cultivares estudadas. Freitas (2002) avaliando 5 cultivares de milho para ensilagem, encontrou uma variação nos teores de FDN de 51,07 a 56,18%. Valadares Filho et al. (2006) encontraram valores médios de 55,41% de FDN para silagens de milho. Já Nussio (1992), trabalhando com 8 cultivares de milho, verificou

que a percentagem de FDN do material ensilado variou de 37,05 a 47,36%. A determinação da composição da fração fibrosa é muito importante para a caracterização da qualidade da silagem. Segundo Van Soest (1994), os teores de FDN estão correlacionados com consumo e digestibilidade, de forma que as silagens com menores teores de FDN apresentam maior consumo e aproveitamento, sendo a cultivar AG 1051 a que apresentou menores teores de FDN.

Quanto aos teores de fibra em detergente ácido (FDA), estes variaram de 22,63 a 26,23%, com uma média de 24,38%. Maia (2001) encontrou valores superiores para os teores de FDA, variando de 28,88 a 31,81%, assim como Costa (2000), que encontrou uma variação de 26,32 a 33,95%. Porém, os valores encontrados no presente estudo foram semelhantes aos encontrados por Johnson et al. (1999), que obtiveram uma média de 25,3%, e aos de Hunt et al. (1993), com 28,2%. A silagem do AG 1051 apresentou o menor teor de FDA (22,63%). Segundo Cruz e Pereira Filho (2001), a FDA está relacionada com a digestibilidade da silagem, já que contém a maior proporção de lignina, sendo esta a fração indigestível da fibra. Assim, a FDA pode ser um indicador do valor energético da silagem, ou seja, quanto menor a FDA, maior o valor energético (Cruz e Pereira Filho, 2001).

Segundo Valadares Filho et al. (2006), o teor médio de hemicelulose é de 23,71% para silagem de milho. No presente estudo, a variação de hemicelulose foi de 21,24 a 31,18%, com uma média de 25,02%, valores próximos aos encontrados por Antunes (2001), de 23,85%. Porém, estes resultados são superiores aos encontrados por Johnson et al (1999) com 18,5% e Bal et al. (1997) com 16,6%. A cultivar SHS 4040 foi a que apresentou maiores teores de hemicelulose (31,18%).

Os teores de celulose variaram de 16,74 a 19,53%, valores estes inferiores aos citados por Valadares Filho et al. (2006), que encontraram uma média de 24,94% de celulose para silagem de milho em 78 observações. Já os valores de lignina (3,32 a 4,09%) foram próximos aos valores encontrados por Valadares filho et al. (2006) de 4,97%.

4.2. DEGRADABILIDADE DA MATÉRIA SECA

Os resultados obtidos para o desaparecimento ruminal da matéria seca (MS) das quatro silagens de milho estão apresentados na tabela 3. Foi observado um comportamento semelhante para todas as silagens, sendo que todas apresentaram um menor

desaparecimento ruminal com 6 horas de incubação e um maior desaparecimento com 96 horas.

Tabela 3. Desaparecimento ruminal (%) da matéria seca das quatro silagens de milho

Silagem	Tempo (h)		
	6	24	96
AG 1051	48,08cA	57,92bA	76,19aA
QPM 129	36,50cB	54,23bA	70,52aA
BRS 3060	44,58cA	59,82bA	73,63aA
SHS 4040	42,5cAB	56,94bA	72,29aA

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$; SNK).

Os valores de desaparecimento encontrados para os tempos de incubação de 24 horas variaram de 54,23 a 59,82%, sendo próximos aos encontrados por Bal et al. (2000), que encontraram valores de 57,9 e 53% de desaparecimento para silagens de milho colhidas no estágio de maturidade de 1/4 e 2/3 da linha do leite do grão, respectivamente. Os valores de desaparecimento para 96 horas variaram de 70,52 a 76,19%, valores estes próximos aos encontrados por Andrae et al. (2001), que encontraram valores de 78,39 e 73,18% para as duas silagens de milho estudadas colhidas na 1/2 da linha do leite e sem processamento (redução no tamanho de partícula). Para o tempo de incubação de 6 horas houve diferença estatística entre os tratamentos ($p < 0,05$). As cultivares AG 1051 (grãos tipo dentado), BRS 3060 (grãos semi-duros) e SHS 4040 se desatacaram com um maior desaparecimento da MS. A cultivar QPM 129 (grãos semi-duros) apresentou menor desaparecimento da MS para o tempo de incubação de 6 horas, não apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) da silagem SHS 4040. Para os tempos de desaparecimento de 24 e de 96 horas não houve diferença estatística entre as silagens ($p < 0,05$).

Na tabela 4 estão os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca das quatro silagens de milho estudadas. Dentre as cultivares estudadas, a cultivar AG 1051 apresentou o maior potencial máximo de degradação (A) da MS (77,88%) e a cultivar QPM 129 apresentou a menor fração A da MS (71,56%). Entretanto, para a taxa de degradação (c) da fração potencialmente degradável (b), a cultivar AG 1051 apresentou a menor taxa (3,1%/h) e SHS 4040 apresentou o maior valor de c (4,7%/h). Isso pode ser explicado pelo fato da cultivar de grão dentado ter alta degradabilidade e solubilidade das frações dos grãos, apresentando maior desaparecimento ruminal no tempo de incubação de seis horas, e uma fração b composta principalmente pela fração fibrosa, apresentando menor taxa de degradação c. Os valores de c variaram de 3,1 a 4,7%/h, sendo estes valores superiores aos encontrados por Martins et al. (1999), que

encontraram um valor c de 1,1%/h para silagem de milho, e também foram superiores aos encontrados por Bertipaglia et al. (1998), que encontraram valores de 2,5%/h para silagem de milho granífero e 2,33%/h para silagem de milho forrageiro. Entretanto, Itavo et al. (2000) encontraram valores de c de 3,7%/h, sendo próximos aos do presente estudo. Já Philippeau e Michalet-Doreau (1998) encontraram valores de c superiores aos do presente estudo, sendo 8,7%/h para silagens de milho de grãos dentados e 5,84%/h para silagens de milho de grãos duros.

Tabela 4. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da matéria seca das silagens das quatro cultivares de milho

Parâmetros	QPM 129	AG 1051	BRS 3060	SHS 4040
A (%)	71,56	77,88	73,95	72,27
c (%/h)	3,9	3,1	4,5	4,7
S (%)	27,28	36,52	33,52	27,71
b (%)	44,29	39,55	40,06	43,11
lag	0,01	-1,44	-0,20	-0,70
DE 0,02/h	56,55	62,37	61,62	59,40
DE 0,05/h	46,68	53,47	52,87	50,05

A – Potencial máximo de degradação; c – taxa de degradação da fração b; S – fração solúvel em água; b – fração potencialmente degradável; lag – tempo de colonização; DE – degradabilidade efetiva.

A cultivar AG 1051 apresentou maior fração solúvel (S) com 36,52%, enquanto as cultivares QPM 129 e SHS 4040 apresentaram os menores valores de S, sendo 27,28 e 27,71% respectivamente. Os valores de S encontrados no presente estudo variaram de 27,28 a 36,52%, sendo estes valores próximos aos encontrados em outros experimentos. Philippeau e Michalet-Doreau (1998), avaliando a influência da preparação, do genótipo e do método de conservação do grão de milho sobre a degradação do amido no rúmen, encontraram um valor de 35% e 32,9% para a fração solúvel da silagem de milho de grãos dentados e duros, respectivamente. Bertipaglia et al. (1998) encontraram valores para a fração solúvel de 31,19% e 17,40% para as silagens de milho granífero e forrageiro, respectivamente. O maior valor encontrado para S na cultivar de grão dentado em relação à cultivar de grão duro deve ter ocorrido devido à maior acessibilidade dos microrganismos ruminais ao amido dos grãos (McAllister et al., 1993). A fração potencialmente degradável (b) variou de 39,55% a 44,29%, sendo estes valores semelhantes aos encontrados por Bertipaglia et al. (1998), que foram de 42,33% e 45,52% para silagem de milho granífero e forrageiro respectivamente. Porém, estes valores foram inferiores aos encontrados por Martins et al. (1999) que foi de 54,8% para silagem de milho, e também aos encontrados por Philippeau e Michalet-Doreau (1998), que foram de 64% para silagem de milho de

grãos dentados e de 67,1% para silagem de milho de grãos duros.

Os valores negativos encontrados para a lag não têm valor biológico, não sendo possível apresentar uma explicação plausível para a obtenção destes resultados.

A degradabilidade efetiva (DE) foi maior para a cultivar AG 1051 independentemente da taxa de passagem considerada (0,02 0,05/h) e menor para a cultivar QPM 129. As DE encontradas foram próximas às encontradas por Martins et al. (1999), que obtiveram DE de 63,2% para a taxa de passagem de 0,02/h e 54,8% para a taxa de 0,05/h. Já Pereira et al. (1997) encontraram um valor de 45,1% para a DE da MS, sendo este valor inferior aos encontrados no presente estudo. A cultivar AG 1051 apresentou maior DE devido ao fato de ter apresentado alta S, já que apresentou baixa c. A cultivar QPM 129 apresentou menor DE, menor A, menor S e menor c quando comparada com a cultivar de mesma textura de grãos (BRS 3060). Contudo, a QPM 129 apresenta teores mais elevados de lisina e de triptofano, dessa forma, são necessários mais estudos para verificar se essa menor DE acarretará prejuízo ao desempenho animal. Córrea (2001), avaliando a DE da MS, observou que grãos de milho que possuíam maior vitreosidade apresentam menor DE no rúmen.

4.3. DEGRADABILIDADE DA PROTEÍNA BRUTA

Na tabela 5 estão os valores de desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta (PB) das quatro silagens de milho. Apenas a cultivar AG 1051 não obteve um aumento estatisticamente significativo ($p < 0,05$) do desaparecimento ruminal com o passar do tempo de incubação. Para a cultivar AG 1051 não foi observada diferença estatística no desaparecimento entre os tempos de incubação de 6 e 24 horas. Isso pode ter ocorrido porque grãos dentados apresentam maior degradabilidade devido à maior facilidade de acesso dos microrganismos ruminais. Além disso, no tempo de incubação de 6 horas foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos, onde a cultivar AG 1051 apresentou maior desaparecimento ruminal (50,33%) que as demais cultivares, sendo que as outras silagens não apresentaram diferença estatística entre si. Já para os tempos de incubação de 24 e 96 horas não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

No tempo de incubação de 6 horas, houve uma variação de 34,46 a 50,33%, sendo estes valores semelhantes ao encontrado por Sousa et al. (2006),

que encontraram um valor de 47,4% para silagem de milho moída a 5mm. Para o tempo de incubação de 24 horas, foi verificada uma variação de 48,04% a 58,15%, sendo estes valores inferiores ao encontrado por Sousa et al. (2006) para a silagem de milho moída a 5mm, que encontraram 62,9%. Já para o tempo de incubação de 96 horas, a variação foi de 65,11 a 73,49%, sendo estes valores semelhantes ao encontrado por Sousa et al. (2006) que obtiveram um valor de 70,6% para silagem de milho moída a 5mm.

Tabela 5. Desaparecimento ruminal (%) da proteína bruta das quatro silagens de milho

Silagem	Tempo (h)		
	6	24	96
AG 1051	50,33bA	58,15bA	73,49aA
QPM 129	35,5cB	49,35bA	66,26aA
BRS 3060	35,05cB	52,50bA	65,11aA
SHS 4040	34,46cB	48,04bA	67,70aA

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$; SNK).

Na tabela 6 estão os parâmetros de degradação ruminal *in situ* da PB das quatro silagens de milho. O potencial máximo de degradação (A) variou de 65,20 a 75,18%. Os valores obtidos para a fração A foram próximos aos encontrados por Bertipaglia et al. (1998) que obtiveram um potencial máximo de degradação da PB para silagem de milho granífero e forrageiro de 69,70 e 60,04%, respectivamente. A cultivar AG 1051 se destacou com maior A (75,18%) e também maior fração solúvel (41,21%) que as demais, já que também apresentou maior desaparecimento ruminal no tempo de incubação de seis horas que as demais silagens. Isto pode ser explicado pelo fato da cultivar apresentar textura de grão dentado, desta forma irá ocorrer maior acessibilidade dos microrganismos ruminais aos grãos, obtendo assim uma degradabilidade maior e mais rápida.

A fração S variou de 22,19 a 41,21%, sendo inferior aos valores encontrados por Martins et al. (1999), onde a fração solúvel foi de 61,5% para a silagem de milho, e também por Rossi JR et al. (1997), que encontraram 62,6%. Segundo Martins et al. (1999) este alto valor encontrado provavelmente seja atribuído à ocorrência de hidrólise das frações de proteína durante o processo de ensilagem, causando aumento na fração do nitrogênio não protéico proveniente da proteína verdadeira. Já Bertipaglia et al. (1998) encontraram valores de S próximos aos do presente estudo, sendo 31,19 e 17,40% para as silagens de milho granífero e forrageiro respectivamente. A taxa de degradação da fração b (c) variou de 2,9 a 5,2%/h, sendo a cultivar BRS 3060 a que apresentou maior c. Bertipaglia et al.

(1998) encontraram valores de c de 2,5 e 2,33%/h para as silagens de milho granífero e forrageiro respectivamente. Martins et al. (1999) encontraram um valor de c mais elevado, sendo 7,2%/h. Já Itavo et al. (2000), encontraram uma taxa c de 5,5%/h.

Os valores de b variaram de 32,52 a 44,76%, sendo estes valores próximos aos encontrados por Bertipaglia et al. (1998) de 42,33 e 45,52%, assim como Itavo et al. (2000) que encontraram um valor de b de 40,8 para silagem de milho. Já Martins et al. (1999) encontraram valores inferiores para b (22,6%), possivelmente devido ao fato de ter ocorrido hidrólise das frações protéicas durante o processo de fermentação da silagem. A cultivar AG 1051 apresentou maior DE da PB para as duas taxas de passagem analisadas, sendo também a cultivar que apresentou maior A e maior S. A cultivar SHS 4040 apresentou menor DE da PB para as duas taxas de passagem. Já as cultivares de mesma textura de grãos (BRS 3060 e QPM 129) apresentaram valores de DE próximos, sendo a cultivar BRS 3060 um pouco superior. A DE considerando a taxa de passagem de 0,05%/h variou de 42,30 a 54,60%, sendo estes valores inferiores aos valores encontrados por Martins et al. (1999) de 70,4% e por Rossi JR et al. (1997) de 79,9%. Considerando a taxa de passagem de 0,02/h, a variação da DE foi de 52,37 a 61,91%, sendo estes valores inferiores ao valor encontrado por Martins et al. (1999) para a silagem de milho de 73,2%.

Os valores negativos encontrados para a lag não têm valor biológico, não sendo possível apresentar uma explicação plausível para a obtenção destes resultados.

Tabela 6. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da proteína bruta das silagens das quatro cultivares de milho

Parâmetros	QPM	AG	BRS	SHS
	129	1051	3060	4040
A (%)	67,47	75,18	65,20	69,59
c (%/h)	3,5	2,9	5,2	3,2
S (%)	25,60	41,21	22,19	23,76
b (%)	41,13	32,52	42,52	44,76
lag	-0,51	-1,50	-0,22	-0,74
DE 0,02/h	52,51	61,91	53,39	52,37
DE 0,05/h	43,28	54,60	44,36	42,30

A – Potencial máximo de degradação; c – taxa de degradação da fração b; S – fração solúvel em água; b – fração potencialmente degradável; lag – tempo de colonização; DE – degradabilidade efetiva.

4.4. DEGRADABILIDADE DO AMIDO

Na tabela 7 estão os dados de desaparecimento ruminal (%) do amido das quatro silagens de milho estudadas. Não foi encontrada diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tempos de incubação de 24 e 96

horas nos tratamentos. Para o tempo de incubação de 6 horas, apenas a silagem do AG 1051 não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais tempos de incubação analisados, fato que pode ser atribuído à maior solubilidade do amido dos grãos dentados em relação aos outros. Além disso, a silagem do AG 1051, juntamente com a do SHS 4040, apresentou maior desaparecimento do amido no tempo de 6 horas, sendo que a do SHS 4040 não diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) das demais silagens. Para o tempo de 24 horas houve uma variação no desaparecimento ruminal de 90,93 a 93,46%, sendo estes valores maiores do que os encontrados por Andrae et al. (2001), que obtiveram valores de 84,82 e 83,81% para as duas silagens estudadas colhidas no estágio de maturidade da 1/2 da linha do leite, porém foram próximos aos encontrados por Bal et al. (2000), que encontraram valores de 93,8 a 95,6% para a silagem de milho colhida em diferentes estágios de maturidade. Para o tempo de 96 horas, Andrae et al. (2001) encontraram valores de 99,46 a 98,54% de desaparecimento, valores estes próximos aos encontrados no presente experimento, onde a variação foi de 93,59 a 97,02%.

Tabela 7. Desaparecimento ruminal (%) do amido das quatro silagens de milho

Silagem	Tempo (h)		
	6	24	96
AG 1051	88,88aA	93,46aA	97,01aA
QPM 129	80,27bB	91,10aA	93,59aA
BRS 3060	75,99bB	91,82aA	95,06aA
SHS 4040	79,95bAB	90,93aA	94,63aA

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$; SNK).

Na tabela 8 estão os parâmetros de degradação ruminal *in situ* do amido de quatro silagens de milho. A cultivar de grãos tipo dentado (AG 1051) apresentou maior potencial máximo de degradação (A) (94,70%), maior c (25,7%/h), maior S (67,70%) e maior DE para as duas taxas de passagem (92,71 e 90,21% para as taxas de passagem de 0,02 e 0,05/h, respectivamente). Os grânulos de amido no endosperma vítreo estão embebidos em uma matriz protéica contínua que contém corpos protéicos. Estes compostos não amiláceos limitam a acessibilidade dos microrganismos ruminais ao amido (McAllistaer et al., 1993). Dessa forma, a maior degradabilidade do amido em cultivares de milho de grãos dentados é causada pela maior proporção de fração solúvel (S), maior taxa constante de degradação da fração b (c), ou ambos (Philippeau e Michalet-Doreau, 1997; Verbic et al., 1995). A diferença entre a degradação ruminal do amido pode estar relacionada às diferentes proporções de endosperma vítreo nos grãos, como mostrado em outros estudos (Philippeau e Michalet-

Doreau, 1997). Philippeau et al. (1999), estudando a relação entre a degradação ruminal do amido e características físicas do grão de milho, observaram que a degradabilidade do amido do milho tipo dentado é maior que a do tipo vítreo.

O potencial máximo de degradação variou de 92,62 a 94,70%, sendo estes valores próximos aos encontrados por Andrae et al. (2001) de 93,31 e 95,42% para dois híbridos de milho estudados. O valor de c variou de 12,7%/h a 25%/h, sendo maior para a cultivar AG 1051 e menor para BRS 3060. Estes valores foram maiores do que os encontrados por Philippeau e Michalet-Doreau (1998) que encontraram 10,2%/h para silagem de milho de grãos dentados. Os valores de S variaram de 43,20 a 67,70%, sendo o menor valor encontrado para a cultivar de grãos duros (SHS 4040), já que neste tipo de grãos predomina o endosperma vítreo, onde há menor acesso dos microrganismos ruminais ao amido devido à ação da matriz protéica que envolve os grânulos de amido. Os valores de S encontrados no presente estudo foram superiores aos encontrados por Philippeau e Michalet-Doreau (1998) para a silagem de milho de grãos dentados (37,0%) e duros (31,1%), entretanto, foram próximos aos valores encontrados para a silagem de grãos duros (55,8%) quando os grãos foram submetidos à moagem.

Tabela 8. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* do amido das silagens das quatro cultivares de milho

Parâmetros	QPM 129	AG 1051	BRS 3060	SHS 4040
A (%)	92,62	94,70	94,50	92,95
c (%/h)	18,5	25,7	12,7	22,1
S (%)	54,45	67,70	53,97	43,20
b (%)	38,13	27,59	40,42	49,73
lag	-0,01	0,08	-0,02	0,00
DE 0,02/h	88,90	92,71	89,00	88,82
DE 0,05/h	84,51	90,21	83,08	83,77

A – Potencial máximo de degradação; c – taxa de degradação da fração b; S – fração solúvel em água; b – fração potencialmente degradável; lag – tempo de colonização; DE – degradabilidade efetiva.

Para a fração b, os valores variaram de 27,59 a 49,73%, sendo estes valores inferiores aos encontrados por Philippeau e Michalet-Doreau (1998), que encontraram 62,6 a 68,6% para silagens de grãos dentados e duros, respectivamente. Porém, quando os grãos foram submetidos à moagem, estes valores reduziram para 22,4% e 44,2% para as silagens de grãos dentados e duros, respectivamente. Os valores baixos e negativos encontrados para a lag não têm valor biológico, sendo então atribuídos como um possível erro da técnica utilizada neste experimento. Quanto à DE, a cultivar AG 1051 se destacou entre as demais independentemente da taxa de passagem considerada, e a cultivar SHS 4040 foi inferior (88,82%) para a taxa de passagem de 0,02/h,

enquanto para a taxa de passagem de 0,05/h a cultivar BRS 3060 apresentou menor valor (83,08%). A DE para a taxa de passagem de 0,05/h foi semelhante à encontrada por Philippeau e Michalet-Doreau (1998) para as silagens de milho de grão dentados (91,1%) e grãos duros (82,0%), quando os grãos foram submetidos à moagem.

4.5. DEGRADABILIDADE DA FIBRA EM DETERGENTE NEUTRO

Os dados de desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro (FDN) das quatro silagens de milho estão apresentados na tabela 9. Em todas as silagens houve um aumento significativo ($p < 0,05$) no desaparecimento da FDN com o aumento de 6 até 96 horas de incubação ruminal. Para o tempo de incubação de 6 horas, a cultivar SHS 4040 apresentou um desaparecimento significativamente ($p < 0,05$) maior que as demais cultivares. Já para os tempos de incubação de 24 e 96 horas, não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 9. Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente neutro das quatro silagens de milho

Silagem	Tempo (h)		
	6	24	96
AG 1051	9,87cB	21,30bA	56,53aA
QPM 129	3,47cB	26,42bA	55,96aA
BRS 3060	5,20cB	22,43bA	49,29aA
SHS 4040	21,41cA	34,55bA	60,89aA

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$; SNK).

No tempo de incubação de 6 horas, houve uma variação no desaparecimento da FDN de 3,47 a 21,41%, onde a cultivar SHS 4040 apresentou maior valor. Para o tempo de incubação de 24 horas, Bal et al. (2000) encontraram valores de 20,9 e 24,9% de desaparecimento da FDN para silagens de milho colhidas no estágio de maturidade de dentado inicial e 1/4 da linha do leite, respectivamente. Andrae et al. (2001), encontraram valores de desaparecimento da FDN em 24 horas de 17,90 e 22,60%, e para 96 horas de 49,22 e 62,46% de desaparecimento para as duas silagens estudadas, respectivamente, que foram colhidas no estágio de maturidade de 1/2 da linha do leite. Todos estes resultados apresentados são condizentes com os resultados obtidos no presente estudo, onde a variação para 24 horas foi de 21,30 a 34,55% e para 96 horas de 44,29 a 60,89%.

Os parâmetros de degradação ruminal *in situ* da FDN das quatro silagens avaliadas estão dispostos na tabela 10. O potencial máximo de degradação variou de 55,76 a 72,95%, sendo o valor inferior para a silagem BRS 3060 e maior para AG 1051. Estes valores foram superiores aos encontrados por

Bertipaglia et al. (1998), que encontraram um potencial máximo de 33,37 e 32,37% para as silagens de milho granífero e forrageiro, respectivamente. Andrae et al. (2001) também encontraram valores de degradabilidade inferior aos valores do presente estudo, sendo de 36,42 e 35,90% para os dois híbridos analisados. A taxa de degradação c variou de 1,3 a 2,1%/h, valores estes próximos aos encontrados por Bertipaglia et al. (1998), onde a taxa foi de 2,43 e 2,5%/h para as duas silagens de milho avaliadas. Porém estes valores foram inferiores ao encontrado por Itavo et al. (2000) para a silagem de milho (3,9%/h). Uma razão para a menor taxa de degradação c para a FDN da cultivar AG 1051 pode estar relacionada a problemas de ambiente ruminal presente nos sacos de nylon. Como a cultivar AG 1051 apresenta maior disponibilidade de amido, maior quantidade de grãos e também maior quantidade de amido nos grãos poderá ocorrer uma redução mais rápida e acentuada do pH ruminal, reduzindo assim a flora bacteriana celulolítica, com conseqüente queda da taxa de degradação da FDN.

Tabela 10. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da fibra em detergente neutro das silagens das quatro cultivares de milho

Parâmetros	QPM	AG	BRS	SHS
	129	1051	3060	4040
A (%)	65,41	72,95	55,76	71,02
c (%/h)	2,0	1,3	2,1	1,7
S (%)	1,34	5,70	0,62	15,19
b (%)	65,41	66,00	55,76	55,59
lag	1,03	-1,44	0,53	-0,25
DE 0,02/h	32,71	32,95	28,56	40,97
DE 0,05/h	18,69	20,57	16,49	29,53

A – Potencial máximo de degradação; c – taxa de degradação da fração b; S – fração solúvel em água; b – fração potencialmente degradável; lag – tempo de colonização; DE – degradabilidade efetiva.

A fração S encontrada variou de 0,62 a 15,19%, sendo o maior valor encontrado para a silagem SHS 4040. O valor de S encontrado por Bertipaglia et al. (1998) foi de 0% para as duas silagens analisadas. A existência de uma fração solúvel S para a FDN é discutível, já que o componente da parede celular que poderia ser rapidamente degradável no rúmen é a pectina, a qual é solúvel em detergente neutro. Dessa forma, a fração S encontrada no presente estudo para FDN deve corresponder à perda de partículas pelos poros dos sacos de nylon de incubação, apesar de ter havido padronização do tamanho de partículas a serem incubadas e também padronização do tamanho dos poros dos sacos de nylon. Os valores de b encontrados foram semelhantes aos encontrados em outros estudos. Bertipaglia et al. (1998) encontraram 57,84 e 62,11% para as silagens de milho forrageiro e granífero, respectivamente, e Itavo et al. (2000)

encontraram 68,3% para a fração b da silagem de milho. No presente estudo, os valores de b variaram de 55,59 a 66%. Os valores negativos encontrados para a lag não têm valor biológico, não sendo possível apresentar uma explicação plausível para a obtenção destes resultados.

Quanto à DE, a cultivar SHS 4040 apresentou o maior valor para as duas taxas de passagem. Uma explicação possível seria a questão de microambiente ruminal, já que a cultivar apresenta grãos duros, tendo assim menor degradabilidade do amido, com menor redução nos valores de pH ruminal. Além disso, esta cultivar pode ter tido esta alta DE devido ao fato de ter sido encontrado um alto valor de S para esta cultivar. Por ter apresentado maior DE da FDN, a cultivar SHS 4040 poderá apresentar um maior consumo. A cultivar que apresentou menor DE foi a BRS 3060.

4.6. DEGRADABILIDADE DA FIBRA EM DETERGENTE ÁCIDO

Os dados de desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido (FDA) estão na tabela 11. Não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos nos tempos de incubação analisados. Entre os tempos de incubação, foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) entre todos os tempos para todos os tratamentos, ou seja, o tempo de 6 horas apresentou o menor desaparecimento com o aumento significativo ($p < 0,05$) crescente até o tempo de 96 horas. Os resultados de desaparecimento encontrados neste experimento para os tempos de 24 (15,74 a 25,89%) e 96 horas (49,13 a 53,97%) foram semelhantes aos encontrados por Andrae et al. (2001), onde para 24 horas de incubação encontraram um desaparecimento de 15,24 e 17,15% e para 96 horas de 46,85 e 57,59% para as duas silagens estudadas colhidas no estágio de maturidade da metade da linha do leite.

Tabela 11. Desaparecimento ruminal (%) da fibra em detergente ácido das quatro silagens de milho

Silagem	Tempo (h)		
	6	24	96
AG 1051	3,18cA	15,74bA	53,97aA
QPM 129	2,55cA	25,89bA	53,78aA
BRS 3060	8,33cA	25,44bA	49,13aA
SHS 4040	11,07cA	22,12bA	53,05aA

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$; SNK).

Dentre os parâmetros de degradação ruminal avaliados (tabela 12), a cultivar SHS 4040 apresentou o maior A (73,00%), maior S (7,96%), maior b (66,00%) (juntamente com AG 1051) e

maior DE (31,75 e 19,77% para as taxas de passagem de 0,02 e 0,05/h, respectivamente). Isso pode ter ocorrido devido aos fatores relacionados com ambiente ruminal, onde para a silagem de grãos duros irá ocorrer menor redução do pH ruminal favorecendo a degradabilidade das frações fibrosas. A cultivar BRS 3060 apresentou menor fração b (49,42%) e conseqüentemente menor A (54,62%). A cultivar AG 1051 apresentou menor DE para as duas taxas de passagem, possivelmente por ser a cultivar de maior degradabilidade do amido, ocasionando em maior redução do pH ruminal. Os valores de S variaram de 1,23 a 7,96%, sendo que da mesma forma que para a FDN, a ocorrência da fração S para a FDA parece não ser um fato provável. As taxas de degradação “c” variaram de 1,4 a 2,0%/h, sendo que as cultivares QPM 129 e BRS 3060 apresentaram o maior valor de c (2,0%/h). Estes valores de “c” foram inferiores aos encontrados por Andrae et al. (2001), de 3,23 e 4,63%/h para as duas silagens estudadas colhidas no estágio de maturidade da metade da linha do leite. Os baixos valores encontrados para a lag não têm valor biológico, não sendo possível apresentar uma explicação plausível para a obtenção destes resultados.

Tabela 12. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da fibra em detergente ácido das silagens das quatro cultivares de milho

Parâmetros	QPM 129	AG 1051	BRS 3060	SHS 4040
A (%)	61,82	67,44	54,62	73,00
c (%/h)	2,0	1,4	2,0	1,2
S (%)	1,23	3,86	6,86	7,96
b (%)	61,82	66,00	49,42	66,00
lag	1,00	2,67	1,71	1,22
DE 0,02/h	30,91	28,62	29,91	31,75
DE 0,05/h	17,66	15,88	19,32	19,77

A – Potencial máximo de degradação; c – taxa de degradação da fração b; S – fração solúvel em água; b – fração potencialmente degradável; lag – tempo de colonização; DE – degradabilidade efetiva.

4.7. DEGRADABILIDADE DA HEMICELULOSE

Foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos nos tempos de incubação de 6 e 24 horas, onde a cultivar SHS 4040 apresentou maior desaparecimento ruminal da hemicelulose (tabela 13). Para o tempo de 96 horas, não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Entre os tempos de incubação, foi observada diferença estatística ($p < 0,05$) entre todos os tempos para todos os tratamentos, ou seja, o tempo de seis horas apresentou o menor desaparecimento com o aumento significativo ($p < 0,05$) crescente até o tempo de 96 horas.

A silagem SHS 4040 apresentou maior taxa de degradação c (2,6%/h), maior S (36,89%) e maior DE (59,63 e 50,83% para as taxas de passagem de 0,02 e 0,05/h, respectivamente). A silagem AG 1051 apresentou a menor taxa de degradação c (1,2%/h), porém apresentou maior A, já que apresentou maior b. A silagem BRS 3060 apresentou menor DE para as duas taxas de passagem, sendo 42,59 e 31,71% para as taxas de passagem de 0,02 e 0,05/h, respectivamente. Os valores negativos encontrados para a lag não têm valor biológico, não sendo possível apresentar uma explicação plausível para a obtenção destes resultados.

Tabela 13. Desaparecimento ruminal (%) da hemicelulose das quatro silagens de milho

Silagem	Tempo (H)		
	6	24	96
AG 1051	27,99cB	39,54bB	67,83aA
QPM 129	27,04cB	44,10bB	67,98aA
BRS 3060	23,64cB	37,15bB	61,15aA
SHS 4040	43,90cA	55,76bA	73,84aA

Letras minúsculas diferentes nas linhas e maiúsculas diferentes nas colunas representam diferença estatística significativa ($p < 0,05$; SNK).

Tabela 14. Parâmetros de degradação ruminal *in situ* da hemicelulose das silagens das quatro cultivares de milho

Parâmetros	QPM 129	AG 1051	BRS 3060	SHS 4040
A (%)	75,64	86,35	64,34	76,78
c (%/h)	2,0	1,2	2,5	2,6
S (%)	24,84	22,59	14,56	36,89
b (%)	52,50	63,47	48,94	39,45
lag	1,65	-0,38	-0,68	-0,43
DE 0,02/h	49,39	46,68	42,59	59,63
DE 0,05/h	38,14	35,16	31,71	50,83

A – Potencial máximo de degradação; c – taxa de degradação da fração b; S – fração solúvel em água; b – fração potencialmente degradável; lag – tempo de colonização; DE – degradabilidade efetiva.

No entanto, a variação da degradabilidade ruminal da hemicelulose entre as cultivares ocorre devido à variação da composição dos polímeros que compõe a hemicelulose. Resíduos de xilose são menos digestíveis que os de arabinose na parede celular, sendo a relação xilose:arabinose negativamente correlacionada com a degradabilidade (Moore e Hatfield, 1994).

5. CONCLUSÃO

A cultivar de grão dentado (AG 1051) apresentou maior degradabilidade da matéria seca e do amido. Já a cultivar de grãos duros (SHS 4040) apresentou maior degradabilidade das frações fibrosas. Porém, todas as silagens avaliadas apresentaram boa degradabilidade, sendo consideradas silagens de boa qualidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN, M.S.; OBA, M. Nutritionist perspective on corn hybrid for silage. In: *Proceedings from Silage: Field to feedbunk*. North American Conference. Hershey PA. p. 25-36, 1997.
- ALMEIDA FILHO, S.L. *Avaliação de cultivares de milho (Zea mays L.) para silagem*. Viçosa: UFV, 1996. 53p.
- ANDRAE, J.G.; HUNT, C.W.; DOGGETT, C.G.; et al. Effect of hybrid, maturity, and processing on ruminal degradability of corn plants. *Journal Animal Science*, 77 (Suppl. 1):211. 2001.
- ANTUNES, R.C. *Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de milho (Zea mays L.)*. 2001. 49f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. 13ed. Washington, 1980. 1015p.
- ATWELL, D.G.; JASTER, E.H., MOORE, K.J.; FERNANDO, R.L. Evaluation of high oil corn and corn silage for lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v. 71, n. 10, p. 2689-2698, 1988.
- BALCH, C.C.; CAMPLING, R.C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews*, n. 32, p. 669-686, 1962.
- BAL, M.A.; COORS, J.G.; SHAVER, R.D. 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, n.10, p. 2497-2503, 1997.
- BAL, M.A.; SHAVER, R.D.; SHINNERS, K.J.; COORS, J.G.; LAUER, J.G.; STRAUB, R.J.; KOEGEL, R.G. Stage of maturity, processing, and hybrid effects on ruminal in situ disappearance of whole-plant corn silage. *Animal Feed Science and Technology*, v. 86, p. 83-94, 2000.
- BARBOSA, G.S.S.C. *Influência das condições experimentais sobre a estimativa de parâmetros do modelo de Orskov para a avaliação de digestibilidade em ruminantes*. 1996. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal:Funep, 2006. 583p.
- BERNADINO, M.L.A. *Avaliação nutricional de silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo*. 1996, 87p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- BERTIPAGLIA, L.M.A.; MELO, G.M.P.; SIQUEIRA, G.B. et al. Degradação *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro das silagens de maracujá e de híbridos de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 35, 1998, Botucatu, SP. *Anais...*, Botucatu: SBZ, 1998. (CD-ROOM)
- BOTELHO, E.E. Importância da diferenciação do milho sobre a nutrição de aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 40, 2003, Santa Maria, RS. *Palestras...* Santa Maria: SBZ, 2003. (CD-ROOM).
- BRYANT, H.T.; HUBER, J.T.; BLASER, P.E. Comparison of corn silage harvest at milk and médium dough stages os nmaturity for dry matter intake, digestibility and milk production of lactating cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.48, p.836-837, 1965.
- BUXTON, D.; REDFEARM, D.; JUNG, H.; MERTENS, D. Improving forage quality-related characteristics of corn. In: 1996 INFORMATIONAL CONFERENCE WITH DAIRY AND FORAGE INDUSTRES, 1996, Wisconsin. *Proceedings...* Wisconsin. 1996, p. 23-28.
- CAGAMPANG, G.B.; KIRLEIS, A.W. Relationship of sorghum grain hardness to selected physical and chemical measurements of grain quality. *Cereal Chemistry*. v.61, n.2, p. 100-105, 1984.
- CANTARELLI, V.S. *Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes*

- híbridos de milho para suínos*. 2003. 39p. Dissertação (Mestrado em nutrição de monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CHANDRACHEKAR, A., MAZHAR, H. The biochemical basis and implications of grain strength in sorghum and maize. *Journal of Cereal Science*. v.30, p.193-207, 1999.
- CHURCH, D.C. *El ruminat: fisiología digestiva y nutrición*. Zaragoza: Acribia, 1993. 645p.
- COELHO, C.M. *Caracterização das proteínas do endosperma do milho visando alteração das frações que controlam qualidade nutricional*. 1997, 139p. Dissertação (Mestrado em G. M. P.) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CONE, J.W.; ENGELS, F.M. The influence of ageing on cell wall composition and degradability of three maize genotypes. *Animal Feed Science and Technology*, v. 40, p. 331-342, 1993.
- COORS, J.G. Findings of the Wisconsin corn silage consortium. In: SEEDS OF ANIMAL NUTRITION SYMPOSIUM, Rochester, 1996. *Proceedings*. Rochester, 1996.
- CORREA, C.E.S. Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas. 2001. 102f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitrousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal Dairy Science*. v.85, p.3008-3012. 2002.
- COSTA, R.S. *Características Agronômicas, composição química e qualidade da silagem de doze cultivares de milho safra 97/98*. 2000, 35p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CRUZ, J.C.; CORREA, L.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; GAMA, E.E.G.; PERREIRA, F.T.F. Cultivares de Milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil em 2001. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/cultivares/index.html>>. Acessado em 07 de Janeiro de 2002.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; CORREA, L.A.; PERREIRA, F.T.F. Cultivares. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/cultivares.htm>>. Acessado em: 27 de maio de 2006.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Cultivares de milho para ensilagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. Cap I, p. 11-37.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Cultivares de Milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2005/06. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/milho/cultivares/index.html>>. Acessado em 21 de Agosto de 2006.
- CUOMO, G.J.; REDFEARN, D.D.; BLOUIN, D.C. Plant density effects on tropical corn forage mass, morphology and nutritive value. *Agronomy Journal*, v.90, n.1, p. 93-96, 1998.
- DE LIMA, G.J.M.M. Grãos de alto valor nutricional para a produção de aves e suínos: oportunidades e perspectivas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 38. 2001, Piracicaba, SP. *Palestras...* Piracicaba: SBZ, 2001. (CD-ROOM).
- DOMBRINK-KURTZMAN, M.A.; BIETZ, J.A. Zein composition in hard and soft endosperm of maize. *Cereal Chemistry*, v. 70, n.1, p.105-108, 1993.
- DRACLE, J.K. Update on high oil corn for dairy cattle. In: 4- APPLIED NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE AND ZINPRO TECHNICAL SYMPOSIUM, 1997. Wisconsin. *Proceedings...* Wisconsin, 1997, p. 108-117.
- DUARTE, J.M.; PACHECO, C.A.P., GUIMARÃES, C.T., PAIVA, E. Avaliação de híbridos de milho de alta qualidade protéica (QPM) obtidos pela conversão de linhagens elites normais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. 25. 2004, Cuiabá, MT. *Anais...* Cuiabá, 2004. (CD-ROOM).

- DUDLEY, J.W.; LAMBERT, R.J. Ninety generations of selection for oil and protein in maize. *Maysica*, 37, p. 81-87. 1992.
- ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SHAUFF, D.J.; JASTER, E.H. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 76, n. 3, p. 775-789, 1993.
- EVANGELISTA, A.R. *Consórcio milho-soja e sorgo-soja: rendimento forrageiro, qualidade e valor nutritivo das silagens*. 1986. 77p. Tese (Doutorado) Viçosa: UFV.
- FANCELLI, A.L. *Plantas alimentícias: gui para aula, estudos e discussão*. Departamento de Agricultura da E.S.A. "Luiz Queiroz", CALQ; Piracicaba. 13p. 1986.
- FERREIRA, J.J. Avaliação do teor de matéria seca do milho e do estágio de maturação adequado para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001b. Cap XVII, p. 429-444.
- FERREIRA, J.J. Efeito do processamento da planta de milho na qualidade da silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. Cap XVIII, p. 445-472.
- FLACHOWSKY, G.; PEYKER, W.; SCHNEIDER, A.; et al. Fibre analyses and in sacco degradability of plant fractions of two corn varieties harvested at various times. *Animal Feed Science and Technology*, v.43, n.1-2, p.41-50, 1993.
- FONTANELI, R.S.; DURR, J.W.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; HAUBERT, F.; BARTOLINI, F. Validação do método de reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, Viçosa. 2002.
- FORNASIERI FILHO, D. *A cultura do milho*. Jaboticabal, S.P.: FUNEP, 1992. 273p.
- FREITAS, G.A.R. *Consumo e digestibilidade aparente das silagens de cinco genótipos de milho (Zea mays. L.)* 2002. 50f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, 2002.
- HARRISON, J.H.; BLAUWIEKEL, R. Fermentation and utilization of grass silage. *Journal of Dairy Science*, v. 77, n.10, p. 3209-3235, 1994.
- HERON, S.J.E.; EDWARDS, R.^a; PHILLIPS, P. Effect of pH on the activity of Ryegrass *Lolium multiflorum* proteases. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.46, p. 267-277, 1989.
- HUNT, C.W.; KEZAR, W.; HINMAN, D.D.; et al. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole plant corn. *Journal of Animal Science*, v.71, n.1, p. 38-43, 1993.
- HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: reviews of the procedure. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* v.65, n2, p. 63-93, 1995.
- IBGE. Confronto das Safras de 2005 e 2006 – Brasil. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em: 17 de Agosto de 2006.
- ITAVO, L.C.V.; SANTOS, G.T.; JOBIM, C.C.; FARIA, K.P.; VOLTOLINI, T.V. Degradabilidade das silagens de bagaço de laranja e de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 37. 2000, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa: SBZ, 2000. (CD-ROOM).
- JOHNSON, L.; HARRISON, J.H.; HUNT, C.; SCHINNERS, K.; DOGGET, C. G.; SAPIENZAS, D. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. *Journal of Dairy Science*, v. 82, p. 2813-2825, 1999.
- KOTARSKI, S.F.; WANISKA, R.D.; THURN, K.K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *Journal of Nutrition*, Madison, v.122, n.1, p.178-190, 1991.
- LECHTENBERG, V.L.; MULLER, L.D.; BAUMAN, L.F. RHYKERD, C.L.; BARNES,

- R.F. Laboratory and *in vivo* evaluation on inbred and F2 populations of brown midrib mutants of *Zea mays* L. *Agronomy Journal*, 64, p. 657-680. 1972.
- MAHANNA, B. The facts about brown midrib corn. *Pioneer Hi bred Internacional*. 1997.
- MAIA, F.S. *Qualidade e padrão de fermentação das silagens de seis cultivares de milho (BR 106, BR 205, HD 9486, AG 1051, C 701, FO-01)*. 2001. 47f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.
- MARTINS, A.S.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N.; MARTINS, E.N.; LOYOLA, V.R. 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.
- McALLAN, A.B.; PHIPPS, R.H. The effect of sample date and plant density on the carbohydrate content of forage maize and the changes that occur on ensiling. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, v. 89, p. 589-597, 1977.
- MCALLISTER, T.A.; PHILLIPPE, R.C.; RODE, L.M.; CHENG, K.J. Effect of the protein matrix on the digestion of cereal grains by ruminal microorganisms. *Journal Animal Science*, Savoy, v.71, n.1, p.205-212, 1993.
- McCULLOUGH, M.E. *Silage Research at Georgia Station*. Athens: University of Georgia, 1970. 46p. (Agricultural Experimental Station Research Report. M.75).
- McDONALD, I.M. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *Journal of Agricultural Science*. v. 96, p. 251-252, 1981.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2ª Ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science*. v.88, p. 645-650, 1977.
- MERTENS, D.R. Rate and extent of digestion. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Londres: CAB Internacional, 1993. Cap. 2, p. 14-51.
- MERTZ, E.T.; BATES, L.S.; NELSON, O.E. Mutant gene that changes the protein composition and increases the lysine content of maize endosperm. *Science* 145. p. 279-280. 1964.
- MESTRES, C.; MATENCIO, F. Biochemical basis of kernel milling characteristics and endosperm vitreousness of maize. *Journal of Cereal Science*. v.24, p.283-290. 1996.
- MICHALET-DOREAU, B.; DOREAU, M. Maize genotype and ruminant nutrition. *Sciences des Aliments*. V. 19, n. 3-4, p. 349-365, 1999.
- MOORE, K.J.; HATFIELD, R.D. Carbohydrates and forage quality. In: FAHEY JR, G.C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Lincoln: Unibversity of Nebraska, 1994. Cap. 6, p. 229-280.
- MUCK, R.E. factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, v. 71, p. 2992-3002, 1988.
- MUNDSTOCK, C.M. Efeito de espaçamentos entre linhas e de populações de plantas de milho (*Zea mays* L) de tipo precoce. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.13, n.1, p.13-17, 1978.
- NEIVA, J.N.M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente de matéria seca e nutrientes em dietas à base de silagens e rolão de milho amonizados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 3, p. 453-460, 1998.
- NELSON, O.E. Genetic modification of protein quality in plants. *Advances in Agronomy*. 21:171-194. 1969.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal Dairy Science*, v.71, n.8, p. 2051-2069, 1988.
- NUSSIO, L.G. Cultura de milho para a produção de silagem de alto valor alimentício. In: Simpósio

- sobre Nutrição de Bovinos, IV, 1991, Piracicaba. *Anais....* Piracicaba: FEALQ, 1991. p. 302.
- NUSSIO, L.G. Produção de silagem de alta qualidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO., 19., 1992, Porto Alegre, RS. *Conferências...* Porto Alegre: SSA/ SCT/ ABMS/ EMATER-RS/ EMBRAPA/ CNPMS, 1992. p.155-175.
- NUSSIO, L.G.; MONZANO, R.P. Silagem de milho. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, VII. *Anais....* Piracicaba, FEALQ, 195p. 1999.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on dry matter intake and productivity of high yielding dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 82, n. 1, p. 135-142, 1999.
- OBA, M. Effect of enhanced fiber digestibility of corn silage from the brown mid rib gene on feed intake and milk production on dairy cows. *Research report submitted to Cargill Seeds*. Michigan State University, 1996.
- OHSIMA, M.; McDONALD, P. A. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensiling. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, v. 29, p.497-505, 1978.
- OLIVEIRA, J.S.; BRAGA, R.A.N.; LOPES, F.C.F; VITTORI, A.; RESENDE, H. Avaliação da qualidade da planta de milho para silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Juiz de Fora, 1997. *Anais*. Juiz de Fora: SBZ, 1997. v.1, p.161-163.
- ORSKOV, E.R. Particulate matter loss and the polyester-bag method. *British Journal of Nutrition*, v.28, p. 1031-1044, 1997.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I.M. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, v.92, p. 499-503, 1979.
- PAIVA, J.A.J. *Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. 1976, 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Tratos culturais do milho para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S.; FERREIRA, J.J. *Produção e utilização de silagem de milho e sorgo*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. Cap IV, p. 85-117.
- PEREIRA, J.R.A., BOSE, M.L.V., BOINC, C. Avaliação das sub-frações dos carboidratos e das proteínas, usando a metodologia do CNCPS e *in situ* com bovinos da raça Nelore. Milho e farelo de algodão. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 26(4):838-843. 1997.
- PEREIRA, M.N.; VON PINHO, R.G.; 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. 2004.
- PETTERSSON, K. L.; LINDGREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass and Forage Science*, v. 45, p. 223-233, 1990.
- PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *Science Food Agriculture*, v. 80, n.2, p.404-408, 2000.
- PHILIPPEAU, C., LE DESCHAULT DE MONREDON, F., MICHALET-DOREAU, B. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. *Journal Animal Science*, Savoy, v.77, n.1, p. 238-243, 1999.
- PHILIPPEAU, C., MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on *in situ* degradation of starch in the rumen. *Journal Dairy Science*, Savoy, v.81, n.8, p.2178-2184. 1998.
- PHILIPPEAU, C., MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Animal Feed Science Technology*, Amsterdam, v.68, n.1, p.25-35, 1997.
- PHIPPS, R.H.; WELLER, R.F. The development of plant components and their effects on the

- composition of fresh and ensiled forage maize. 1. The accumulation of dry matter, chemical composition and nutritive value of fresh maize. *Journal of Agricultural Science Cambridge*, v. 92, p. 471-483, 1979.
- PIONEER. *Silagem de milho*. 2.ed.s.I., 1993 (Pioneer. Informe Técnico, 6).
- PIZARRO, E.A. Conservação de forragem: 1 silagem. *Informe agropecuário* v.47, n.4, p. 9-11, 1978.
- PIZARRO, E.A.; ANDRADE, N.S. Momento de colheita de uma cultura de milho para silagem. *Informe Agropecuário*. v. 47, n.4, p. 9-11, 1978.
- PRATT, R.C.; PAULIS, J.W.; MILLER, K.; NELSEN, T.; BIETZ, J.A. Association of zein classes with maize kernel hardness. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.72, n.2, p.162-167, 1995.
- QUIN, J.I.; VAN DER WATH, J.G.; MYBURGH, S. Studies on the alimentary canal of Merino sheep in South África. 4. description of experimental technique. *Onderstepoort Journal of Veterinary Science and Animal Industry*, v.11, p.341-360, 1938.
- RESENDE, H. *Cultura de milho e do sorgo para a produção de silagens*. Coronel Pacheco, EMBRAPA – CNPGL, 1991, 107p.
- ROBUTTI, J.L.; HOSENEY, R.C.; WASSON, C.E. Modified opaque-2 corn endosperm: II – structure viewed with a scanning electron microscope. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.51, n.2, p.173-179, 1974.
- ROCHA JUNIOR, V.R. Qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e seus padrões de fermentação. 1999, 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 1999.
- ROSSI JR., P.; SILVA., AG.; WANDERLEY, R.C. ET AL. Degradabilidade ruminal da matéria seca e da fração protéica da silagem de milho, do farelo de soja e do sorgo em grão, em bovinos da raça Nelore. Comparação com os dados obtidos pelo CNCPS. *Revista Brasileira da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. 26(3):599-607. 1997.
- SAMPAIO, I.B.M. *Experimental designs and modeling techniques in the study roughages degradation in rumen and growth of ruminants*. 1988. 228f. (PhD, thesis) - Department of Applied Statistics, University of Reading.
- SAMPAIO, I.B.M. Métodos estatísticos aplicados a determinação de digestibilidade in situ. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE DE RUMINANTES. 1997, Lavras. *Anais...* Lavras: 1997. p. 165-178.
- SANCHES, L.N. *Comparação da eficiência digestiva entre caprinos e ovinos*. 1985. 98f. Dissertação (mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária. Universidade federal de Minas Gerais, 1985.
- SANTOS, J.A. Silagem: custos reduzidos definem projeto de exploração leiteira e planilha. *Balde Branco*, São Paulo, v.31, n.367, p.18-23, maio 1995.
- SECKINGER, H.L.; WOLF, M.J. Sorghum protein ultrastructure as it relates to composition. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.50, n.4, p.455-465, 1973.
- SHAVER, R. Chop corn at one-fourth to three fourths milkline. *Hoard's Dairyman*, Fort Atkinson, v. 142, n.5, p.636 Sept. 1997.
- 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*, Peoria, v.9, n.3, p.253-267, 1990.
- SILVA, L.F.P.; MACHADO, P.F.; FRANCISCO JUNIOR, J.C.; DONIZETTI, M.T. Características agronômicas e digestibilidade "in situ" da fração volumosa de híbridos de milho pra silagem. *Scientia agricola*. v. 56, n.1. Piracicaba, 1999.
- SILVEIRA, A.C. Técnicas para produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba: ESALQ, 1975. p. 156-186.
- SOUSA, B.M.; CAMPOS, W.E.; SILVA, R.R.; BORGES, A.L.C.C.; SATURNINO, H.M.; RODRIGUES, N.M.; BORGES, I.; FERREIRA, F.; ROGÉRIO, M.C.P.; SILVA, J.J.; PIMENTEL, P. Avaliação da degradabilidade ruminal in situ da matéria seca e da proteína bruta

- do resíduo industrial de tomate e da silagem de milho e efeito da moagem sobre os parâmetros de degradação da silagem de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. 43. 2006. João Pessoa, PB. *Anais*. João Pessoa: SBZ, 2006. (CD-ROOM).
- TOLERA, A. The effect of stage maturity on yield and quality of maize grain and stoker. *Animal Feed Science and Technology*. v. 75, p. 157-168. 1998.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. Viçosa: UFV, DZO, DPI, 2006.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Official for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science*, v.74, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2ed. Ithaca. New York: Cornell University Press. 1994. 476p.
- VAZANT, E.S.; COCHRAN, C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of in situ techniques for ruminants feedstuff evaluation. *Journal Animal Science*, v.76, p. 2717-2729, 1998.
- VERBIC, J., STEKAR, J.M.A., RESNIK-CEPON, M. Rumen degradation characteristics and fibre composition of various morphological parts of different maize hybrids and possible consequences for breeding. *Animal Feed Science and Technology*. v. 54, p. 133-148, 1995.
- VILLEGAS E.; VASAL, S.K.; BJARNASON, M. Quality protein maize - What is it and how was it development. In: MERTZ, E.T. (ed.) *Quality protein maize*. The American Society of Cereal Chemists, St. Paul, p. 27-48. 1992.
- WATSON, S.A. Structure and composition. In: WATSON, S.A.; RAMSTAD, P.E. (Ed.). *Corn: chemistry and technology*. St. Paul: American Association Cereal Chemistry, p.53-82. 1987.
- WEAVER, D.E.; COPPOCK, C.E.; LAKE, G.B.; EVERETT, R.W. Impact of maturation on composition and *in vitro* dry matter digestibility of corn plant parts. *Journal Dairy Science*, Savoy, v.61, n.8, p. 1782-1788, 1978.
- WIERSMA, D.W.; CARTER, P.R.; ALBRECHT, K.A.; COORS, J.G. Kernel milk line stage and corn forage yield, quality and dry matter content. *Journal of Production Agriculture*, Madison, v.6, p. 94-99, 1993.
- WOLF, M.J., BUZAN, C.L.; MACMASTERS, M.M.; RIST, C.E. Structure of the mature corn kernel: III microscopic structure of the endosperm of dent corn. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.29, n.3, p.349-361, 1952.
- XICCATO, G.; CINETTO, M.; CARAZZOLO, A.; COSSU, M.E. The effect of silo type and dry matter content on the maize silage fermentation process and ensiling loss. *Animal Feed Science Technology*., v. 49, n. 3-4, p. 311-323, 1994.
- XIMENES, P.A. *Influência plantas e níveis de nitrogênio na produção e qualidade da massa verde e da silagem de milho (zea mays L)* 1991. 145p. Tese (Doutorado) – Viçosa: UFV.
- ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Simpósio sobre nutrição de bovinos, IV. *Anais....* Piracicaba, FEALQ, 302p., 1991.
- ZARCADAS, C.G.; YU, Z.; HAMILTON, R.I.; et al. Comparison between the protein quality of northern adapted cultivars of common maize and quality protein maize. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 43, n.1, p. 84-93, 1995.
- ZHANG, J.G.; CAI, Y.; KOBAYASHI, R.; KUMAI, S. Characteristics of lactic acid bacteria isolated from forage crops and their effects on silage fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v