

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA,
PERDAS FERMENTATIVAS E VALOR NUTRITIVO DO
MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Geraldo Benedito de Souza Almeida

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Março de 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA,
PERDAS FERMENTATIVAS E VALOR NUTRITIVO DO
MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Geraldo Benedito de Souza Almeida

Orientador: Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende

**Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de Jaboticabal,
como parte das exigências para a obtenção do título de
Mestre em Zootecnia.**

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Março de 2011

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GERALDO BENEDITO DE SOUZA ALMEIDA – filho de Benedito Rubens de Almeida e Ondina Ribeiro de Souza Almeida, nasceu em São Bento do Sapucaí – SP, em 5 de junho de 1984. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade “José do Rosário Vellano” (UNIFENAS), Faculdade de Ciências Agrárias, Campus de Alfenas em março de 2005, onde foi bolsista da FAPEMIG no período de agosto de 2006 a agosto de 2008, além de coordenador do Núcleo de Estudos em Pastagens e Ruminantes (NEPAR). Graduiu-se em Zootecnia em fevereiro de 2009. Em março de 2009 ingressou no curso de pós-graduação, Mestrado em Zootecnia, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende.

“Nunca, nunca, nunca desista”
(Winston Churchill)

A Deus por me possibilitar a vida,
A Nossa Senhora Aparecida por estar comigo em todos os momentos,
Ao meu pai, que mesmo ao lado de Deus, sempre ora por mim...

DEDICO

A toda minha família, em especial ao meu pai Binho (In memorian) e a minha mãe Ondina. Pela garra, dedicação e a imensa vontade de vencer na vida, neles eu me espelho.

A todos que sempre me apoiaram nas minhas decisões e que me educaram,
mostrando - me como ser uma pessoa do bem.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela perfeição da vida

A minha família pelo apoio à realização desse curso, que mesmo às vezes ausente devido a distância, sempre torceram por mim e pelo meu crescimento pessoal e profissional.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Jaboticabal, pela oportunidade de realização do Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos.

A Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – Pólo Regional Alta Mogiana (Apta Colina) por ter disponibilizado toda sua estrutura para execução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Flávio Dutra de Resende, por ter acreditado no meu trabalho o qual sou eternamente grato pela orientação, confiança, ensinamentos e por ser um dos responsáveis pela minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Ao Dr. Gustavo Rezende Siqueira, pela co-orientação, ensinamentos, estímulo e valiosa participação e contribuição no planejamento, desenvolvimento e elaboração desse trabalho.

Ao Dr. Ricardo Dias Signoretti e ao Professor Dr. Paulo de Figueiredo Vieira por aceitarem participar da banca de mestrado.

A todos os pesquisadores e funcionários da Apta Colina, que durante a execução deste trabalho constituíram minha nova família.

Aos pesquisadores Dr. Marcelo Henrique de Faria e Dr. Ricardo Dias Signoretti pela amizade, ensinamentos e exemplos de bom caráter.

Ao Toinzinho, sua esposa Suely e sua família, pela grande ajuda no trabalho e pela acolhida.

Aos companheiros e funcionários Sidney (Assobio), Milton (Miltinho) e Luiz (Luizão) pela amizade e grande contribuição no trabalho.

A funcionária Dona Antônio (Tonha), pela contribuição não só profissional mais também como amiga e conselheira.

A Escola Municipal Agropecuária “São Francisco de Assis” por possibilitar refeição durante o período que estive em Colina – SP.

Aos pós graduandos da Unesp – Jaboticabal, Raul Pazdiora, Ricardo Linhares Sampaio (Ricardinho), Matheus Henrique Moretti e Anibal pela amizade e convívio na Apta de Colina, além da grande ajuda na execução do trabalho.

Aos pós graduandos da Unesp – Jaboticabal, André e Vitor, pela amizade e acolhida em Jaboticabal.

A pós graduanda Ana Paula Toledo Piza Roth, pela grande ajuda durante o desenvolvimento do trabalho.

Aos estagiários da UNIFEB, em especial, Allan, Rafael, Glênia, Mário, Luiz Henrique, Ricardo Rivas pela amizade e grande auxílio na realização desse trabalho.

Aos pós-graduandos, funcionários de empresas, estagiários que estão ou passaram pela APTA Colina, pelo companheirismo, ensinamentos, relacionamento e pelos momentos vividos, que com certeza serão inesquecíveis.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para conclusão dessa missão.

A todos o meu MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

Página

Lista de tabelas	x
Lista de figuras	xii
Resumo	xv
Summary	xvii
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. Introdução	1
2. A cultura do milheto.....	2
3. Produtividade	4
4. Maturidade	5
5. Composição morfológica.....	6
6. Considerações sobre silagem – etapas e microflora.....	7
7. Ensilagem do milheto	9
8. Características bromatológicas da silagem de milheto.....	10
8.1. Teor de matéria seca.....	10
8.2. Capacidade de tamponamento.....	11
8.3. Carboidratos solúveis	12
8.4. Valores de pH.....	12
8.5. Compostos nitrogenados.....	13
8.6. Ácidos orgânicos	13
8.7. Ensilabilidade de plantas forrageiras.....	14
9. Inoculante bacteriano	15
10. Tamanho de partícula.....	17
11. Silagem de milheto na alimentação de bovinos	19
12. Objetivos gerais.....	21
13. Referências bibliográficas	23

CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA E PERFIL DE FERMENTAÇÃO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURIDADE 31

RESUMO..... 31

1. Introdução 32

2. Material e Métodos 34

2.1. Local do experimento 34

2.2. Semeadura..... 34

2.3. Estádios de maturidade..... 34

2.4. Avaliações agrônômicas..... 35

2.5. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas..... 35

2.6. Determinações das perdas do material ensilado..... 36

2.7. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas da silagem 38

2.8. Delineamento experimental e análise estatística..... 39

3. Resultados e Discussão 40

4. Conclusões..... 64

5. Referências bibliográficas 65

CAPÍTULO 3 – PERFIL DE FERMENTAÇÃO, ESTABILIDADE AERÓBIA E QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHETO ENSILADAS COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS E UTILIZAÇÃO DE INOCULANTES BACTERIANOS..... 71

RESUMO..... 71

1. Introdução 73

2. Material e Métodos 75

2.1. Ensilagem..... 75

2.2. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas..... 76

2.3. Determinações das perdas..... 77

2.4. Avaliação da estabilidade aeróbia 78

2.5. Delineamento experimental e análise estatística..... 79

3. Resultados e Discussão	80
4. Conclusões.....	102
5. Referências bibliográficas	103

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA E PERFIL DE FERMENTAÇÃO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURIDADE

Tabela 1 - Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) referente à produção de matéria verde (PMV), matéria seca (PMS), folha (PFO), colmo (PCOL), espiga (PESP) e material senescente (PMSSEN) da planta de milho em diferentes estádios de maturação.....40

Tabela 2 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) de cada componente da planta de milho em função da maturidade.....42

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) do teor de matéria seca de cada componente da planta de milho em função da maturidade.....44

Tabela 4 – Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) de cada componente da planta de milho em função da maturidade.....47

Tabela 5. Equações de regressão, coeficiente de determinação (R^2) de variáveis analisadas de silagens de milho ensilada em diferentes épocas de corte.....57

CAPÍTULO 3 - PERFIL DE FERMENTAÇÃO, ESTABILIDADE AERÓBIA E QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHETO ENSILADAS COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS E UTILIZAÇÃO DE INOCULANTE BACTERIANO

Tabela 1. Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) de parâmetros avaliados em silagens de milho, tamanho de partícula pequena ou grande e tratada ou não com inoculante bacteriano durante o armazenamento 80

Tabela 2. Valores de estabilidade aeróbia medida em horas para ultrapassar em 2 °C a temperatura ambiente (EST), somatório da diferença entre temperatura média diária da massa de silagem e a temperatura ambiente ao longo de 4, 8 e 12 dias de exposição aeróbia (ADITE 4, 8 e 12), tempo para a máxima temperatura (TTM) e diferença máxima entre a temperatura ambiente e as silagens (TM) das silagens de milho com diferentes tamanhos de partículas e tratadas ou não com inoculante bacteriano, durante a exposição aeróbia..... 97

Tabela 3. Desdobramento das interações temperatura ambiente ao longo de 4 dias de exposição aeróbia (ADITE 4), estabilidade aeróbia (EST) e tempo para atingir a temperatura máxima (TTM) na massa de silagem exposição ao ar...98

Tabela 4. Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação (R^2) de valores de pH de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula com presença ou ausência de inoculante bacteriano..... 99

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA E PERFIL DE FERMENTAÇÃO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURIDADE

Figura 1 - Produção de colmo, folha, espiga e material senescente (t MS/ha) da planta de milho, híbrido ADR 7010 em função dos dias após a semeadura (DAS)..... 41

Figura 2 – Proporção de colmo, folha, espiga e material senescente do híbrido de milho ADR 7010 em função da época de corte (DAS) 43

Figura 3. Distribuição do teor de matéria seca dos componentes da planta de milho ADR 7010, obtido pela relação entre a porcentagem de matéria seca da planta e a porcentagem de cada componente em cada corte realizado 46

Figura 4. Variação dos teores de matéria seca (MS) e da produção de efluentes (kg/t MN) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura 58

Figura 5. Variação dos valores de pH em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura..... 58

Figura 6. Variação dos valores de proteína bruta (PB) e nitrogênio amoniacal (NNH_3) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura 60

Figura 7. Variação dos valores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura. 62

Figura 8. Variação dos valores de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura.62

CAPÍTULO 3 - PERFIL DE FERMENTAÇÃO, ESTABILIDADE AERÓBIA E QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHETO ENSILADAS COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS E UTILIZAÇÃO DE INOCULANTE BACTERIANO

Figura 1. Teores de matéria seca (MS) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com tamanho grande de partícula com inoculante bacteriano.81

Figura 2. Produção de efluentes durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 82

Figura 3. Perdas por gases durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 83

Figura 4. Recuperação de matéria seca (RMS) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano..... 86

Figura 5. Teores de pH durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 87

Figura 6. Teores de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (NNH_3/NT) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 88

Figura 7. Teores proteína bruta (PB) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 89

Figura 8. Teores de matéria mineral (MM) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 90

Figura 9. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano..... 91

Figura 10. Teores de fibra em detergente ácido (FDA) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano..... 93

Figura 11. Teores de celulose durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 94

Figura 12. Teores de hemicelulose durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano 95

Figura 13. Recuperação de matéria seca em diferentes dias de exposição aeróbia de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e com presença ou ausência de inoculante bacteriano 96

Figura 14. Temperatura ambiente e de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e presença ou ausência de inoculante bacteriano..... 99

Figura 15. Teores de pH em diferentes dias de exposição aeróbia de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e com presença ou ausência de inoculante bacteriano 100

PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA, PERDAS FERMENTATIVAS E VALOR NUTRITIVO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

RESUMO – O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos dos estádios de maturidade do milheto (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.) sobre os parâmetros agrônômicos e qualitativos da planta e das frações que a compõem, além de avaliar o perfil de fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milheto ensiladas com diferentes tamanhos de partícula tratadas ou não com inoculante bacteriano, constituído de *Propionibacterium acidipropionici* e *Lactobacillus plantarum*. O híbrido de milheto utilizado foi o ADR 7010 avaliado em nove diferentes pontos de maturação no ano agrícola de 2009. No experimento de perfil de fermentação os tratamentos avaliados foram silagem de milheto, tamanho de partícula pequena (5 mm) com e sem inoculante bacteriano e silagem de milheto com tamanho de partícula grande (20 mm) com e sem inoculante bacteriano avaliados com 0, 4, 7, 14, 28, 45 e 90 dias de fermentação, foi avaliado ainda a estabilidade aeróbia de silagens exposta ao oxigênio por diferentes dias. A produtividade de matéria seca (MS) da planta de milheto variou de 7,42 a 14,52 t MS/ha no corte referente a 50 dias após a semeadura (DAS) e 92 DAS, respectivamente. A porcentagem de colmo na planta variou entre 44,19 a 68,74%, no milheto avaliado 92 e 50 (DAS), respectivamente. O percentual de espiga apresentou maior porcentagem na planta com 92 DAS (46,79%). Os teores de MS da planta inteira aumentaram de 12,16 % (50 DAS) para 33,21% (106 DAS). A composição química apresentou efeito quadrático em função da maturidade, na planta e seus componentes. Os teores de MS da silagem apresentaram efeito linear crescente em função da maturidade da planta. O pH da silagem apresentou valores variando de 3,81 a 4,12. A perda por efluentes apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) de acordo com a maturidade da planta, sendo o menor valor de efluente produzido no milheto ensilado 88 dias após a semeadura. Os teores de proteína bruta (PB), nitrogênio amoniacal reduziram com tempo de maturação

da planta, assim como as frações fibrosas da planta. No experimento de perfil de fermentação ocorreu redução da recuperação de MS, sendo que, as perdas se prolongaram até o dia 90, enquanto que a produção de efluentes e de gases aumentou com os dias de armazenamento. Somente o tratamento com tamanho de partícula grande com inoculante apresentou variações nos teores de MS e PB. As frações fibrosas apresentaram comportamentos semelhantes entre os tratamentos com reduções até a estocagem de 45 dias. O teor de nitrogênio amoniacal aumentou em função dos dias de armazenamento. Os valores de pH apresentaram efeito em função dos dias de armazenamento. Em relação à estabilidade aeróbia foram observados melhores resultados nas silagens de milho com tamanho de partícula pequena (5 mm) tratada com inoculante. A avaliação de produtividade, composição morfológica, composição química, além das perdas em função da maturidade, assim como, manejos no processo de ensilagem, como tamanhos de partícula e uso de inoculantes, são importantes para adequação do processo de ensilagem e êxito na qualidade do produto final, que garantirá sucesso na utilização da silagem.

Palavras – chave: espiga, estabilidade, fermentação, idade de corte, inoculante, tamanho de partícula.

PRODUCTIVITY, MORPHOLOGICAL COMPOSITION, FERMENTATIVE LOSSES AND NUTRITIVE VALUE OF MILLET FOR SILAGE

SUMMARY - This study aimed to evaluate the effects of the maturity stage of millet (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.) on the agronomic and qualitative parameters of the plant and its component fractions, and to evaluate the fermentation profile and the aerobic stability of millet silages ensiled with different particle sizes or not treated with inoculant consisting of *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici*. The hybrid millet used was the ADR 7010 harvested at nine different stages of maturation in 2009. In the experiment of the fermentation profile of the treatments were millet silage, small particle size (5 mm) with and without inoculant and millet silage with large particle size (20 mm) with and without inoculant evaluated at 0, 4, 7, 14, 28, 45 and 90 days of fermentation was also evaluated the aerobic stability of silages exposed to oxygen for different days. The productivity of plant dry matter (DM) of millet varied from 7.42 to 14.52 t DM / ha referring to 50 days after sowing (DAS) and 92 DAS, respectively. The percentage of stem on the plant ranged from 44.19 to 68.74% in millet evaluated 92 and 50 (DAS), respectively. The percentage of spike showed the highest percentage in the plant at 92 DAS (46.79%). The DM content of whole plant increased from 12.16% (50 DAS) to 33.21% (106 DAS). The chemical composition showed a quadratic effect due to the maturity of the plant, the plant and its components. The DM content of silage showed a linear increase depending on the maturity of the plant. The silage pH values ranging from 3.81 to 4.12. The loss for effluents showed a quadratic effect ($P < 0.05$) according to the maturity of the plant, the lowest value of silage effluent produced millet 88 days after sowing. The values of crude protein (CP), ammonia nitrogen decreased with time to maturity of the plant, as well as the fibrous fractions of the plant. In the experiment of fermentation profile was reduced DM recovery, and the losses continued until day 90, whereas the production of effluents and gases increased with days of storage.

Only treatment with large particle size with inoculant showed variations in DM and CP. The fibrous fractions behaved similarly to the treatments with reductions up to 45 days of storage. The ammonia nitrogen content increased as a function of days of storage. The pH values showed an effect in terms of days of storage. Regarding aerobic stability were observed better results with the millet silage particle size small (5 mm) treated with inoculant. The assessment of productivity, morphological composition, chemical composition, and the losses as a function of maturity, as well as managements in the process of fermentation, as particle sizes and use of inoculants are important for adequate process of silage quality and success of final product, which will ensure success in the use of silage.

Key words: millet cob, stability, heat, cutting age, inoculant, particle size.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

No Brasil central, a estacionalidade da produção das plantas forrageiras é reconhecida como sendo o principal responsável pelos baixos índices de produtividade da pecuária nacional. Nessas regiões a produção de forragem se concentra no período do verão, onde, em situações normais, a oferta de forragem verde é abundante. No entanto, no inverno, ocorre uma redução dessa produção de forragem devido a menor disponibilidade de luz, da temperatura e dos índices pluviométricos, além da contribuição do mal manejo de pastagem geralmente realizado pelo produtor.

Com o objetivo de minimizar esse efeito causado pela estacionalidade de produção de forrageira, aumentar os índices de produtividade e o retorno econômico do sistema de produção, surge a necessidade de utilização de alternativas forrageiras que complementem essas deficiências. É nesse sentido que a técnica de conservação de forragem tem sido adotada como estratégia durante o período de pouca oferta de forragem, minimizando os efeitos causados pela estacionalidade de produção de forrageira, produzindo volumoso de alto valor nutritivo que maximize o desempenho animal (GUIMARÃES Jr. et al., 2005).

Diversas gramíneas podem ser utilizadas para a confecção de silagem, sendo as culturas de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) apresentadas como as espécies mais adaptadas ao processo de ensilagem (ZAGO, 1991). Entretanto, com a finalidade de ampliar as estratégias dentro do sistema de produção, há necessidade de se conhecer novas opções forrageiras produtivas e que se adaptem ao processo de ensilagem, permitindo a máxima produção de silagem de alta qualidade.

Originária do oeste africano, a planta de milheto (*Pennisetum glaucum* (L) R. Br.), pertencente ao grupo das plantas C4, atualmente vem sendo muito

utilizado em alguns estados do Brasil. Isso se deve principalmente as características de rusticidade e adaptação a plantios de fim de verão ou princípio de outono, sendo considerada uma cultura com grande potencial para plantios em sucessão ou safrinha (AMARAL et al., 2008).

Devido suas características de rusticidade, além da qualidade e baixo custo de implantação, o milheto tem sido utilizado tanto para a produção de forragem, pastejo ou silagem quanto para a produção de grãos. No entanto, poucos são os estudos que avaliaram potencial produtivo, composição morfológica e maturidade dessa forrageira aliados a qualidade das suas silagens, ocorrendo ainda controvérsias existentes em relação a melhor época de corte, tamanho ideal de partículas para ensilar e os verdadeiros benefícios da inoculação de bactérias no momento da ensilagem da planta de milheto.

2. A cultura do milheto

Pertencente à família *Poaceae*, subfamília *Panicoideae*, tribo *Paniceae*, gênero *Pennisetum* (BRUKEN, 1977), o milheto apresenta variada história taxonômica entre as quais se destacam *P.typhoides* Stapf e Hubbard, *P. americanum* (L.) Leake, sendo comum em trabalhos a utilização destes nomes científicos. Entretanto, a nomenclatura atualmente reconhecida como mais apropriada e autêntica é *Pennisetum glaucum* (L) R. Br. (ANDREWS & RAJEWSKI, 1995; BARBOSA, et al., 2003).

Caracteriza-se por ser de ciclo vegetativo anual, porte ereto, podendo atingir de 1 a 4 metros de altura. Os caules são compactos, exceto abaixo da panícula contraída (espiga). As folhas medem de 20 a 100 cm de comprimento e de 5 a 10 mm de largura. A inflorescência é uma densa ou contraída espiga com 10 a 50 cm de comprimento e 0,5 a 4,0 cm de diâmetro, com formato cilíndrico e estreitado no ápice ou nas duas extremidades (BOGDAN, 1977).

Segundo AMARAL et al. (2008), o milheto apresenta tolerância a déficit hídrico e a doenças, sendo tolerante ainda a baixos níveis de fertilidade do solo, e

apresenta produção de sementes não deiscentes. As sementes, quando maduras, são pequenas, de cor cinza, branca, amarela ou a mistura dessas cores, podendo produzir de 500 a 2.000 sementes por panícula contraída (espiga).

A grande tolerância do milheto à seca deve-se ao seu sistema radicular agressivo, que pode alcançar 3,60 metros de profundidade (BONAMIGO, 1999), podendo ser usada para descompactação e estruturação de solo. A espécie apresenta grande eficiência na utilização de água para produção de matéria seca (MS), necessitando de 282 a 302 g de água para produzir 1 g de MS, enquanto que para o sorgo, milho e o trigo necessitam de 321, 370 e 590 g de H₂O/g MS, respectivamente (LIRA, 1982; SCALÉA, 1999). A cultura é capaz de vegetar em regiões com precipitações pluviométricas inferiores a 400 mm anuais (PERRET & SCATENA, 1985; BARROS et al., 2002).

Segundo PERRET & SCATENA (1985), o ciclo vegetativo é curto, variando de 60 a 90 dias nas variedades precoces e 100 a 150 dias nas tardias, com temperatura ótima de crescimento de 28 a 30° C não suportando temperaturas inferiores a 10 °C (SKERMAN & RIVEROS, 1990). A cultura do milheto é influenciada pelo fotoperíodo, onde quando mais tarde o material é plantado, menos dias a planta levará da germinação ao florescimento, que ocorre, geralmente, por volta de 10 a 12 semanas após o plantio. Desenvolve-se bem em solos com altas concentrações de alumínio, baixo pH e alta salinidade, porém a cultura não é resistente a solos encharcados. Dessa forma, a cultura é tolerante a solos de baixa fertilidade, porém, apresenta ótima resposta quando cultivada em solos de alta fertilidade ou adubada desenvolvendo-se melhor em solos arenosos, onde seu sistema radicular é mais vigoroso (BOGDAN, 1977; FREITAS, 1988; BONAMIGO, 1999; KICHEL et al., 1999).

Os maiores produtores mundiais de milheto são a Índia (34%), Nigéria (24%), Níger (9%), China (6%) e Burkina Faso (4%), que em conjunto, produziram no período de 2005 a 2007, cerca de 25 milhões de toneladas de grãos (FAO, 2009). Estes cinco países são responsáveis por mais de 75% do total produzido de milheto no mundo.

No mundo, a área plantada com a cultura do milheto é de 27 milhões de hectares, e no Brasil, de cerca de 2,1 milhões de hectares, sendo mais cultivado onde se pratica o plantio direto no cerrado (SCALÉA, 1999). Nos Estados Unidos e na Austrália, o milheto é cultivado quase que inteiramente como planta forrageira (GATES et al., 1999). A espécie é também considerada o sexto cereal mais importante do mundo, depois do trigo, arroz, milho, cevada e sorgo.

3. Produtividade

A produção forrageira varia em função das condições climáticas, da fertilidade do solo, da época de semeadura, do intervalo de cortes, do estágio de desenvolvimento e do material utilizado.

O milheto apresenta produções que variam de 3 a 20 toneladas (t) de MS por hectare (ha), dependendo do clima, solo, adubação e cultivares, sendo que rendimentos de 7 a 10 t MS/ha podem ser aceitos como valores médios em campos experimentais e/ou fazendas bem manejadas (BOGDAN, 1977).

A produtividade varia em função das características edafo-climáticas da região em que o milheto é cultivado. Em estudo no sudeste do Brasil, AMARAL et al. (2008) encontraram produtividade de 14,2 t MS/ha para milheto avaliado 90 dias após o plantio no verão, enquanto que ANDRADE & ANDRADE (1982), encontraram para o milheto colhido no estágio farináceo/duro produtividade de cerca 80 toneladas de matéria verde (MV), equivalendo a 21,9 t MS/ha.

Nesse contexto, o rendimento da cultura do milheto quanto à produtividade, destinada a produção de silagem é o resultado da interação do potencial genético do material, das práticas de manejo e das condições climáticas durante o desenvolvimento da planta.

4. Maturidade

A qualidade da silagem é dependente de várias etapas no processo produtivo, entre elas estão o pré-estabelecimento da cultura, estabelecimento e crescimento da planta e o processo de ensilagem. Na fase de estabelecimento e desenvolvimento da planta, cuidados devem ser tomados em relação aos tratos culturais (adubação, controle de pragas, plantas daninhas, doenças), além disso, o momento da colheita do material é de suma importância para a qualidade final do produto silagem. Entretanto, principalmente para silagem de milheto, esse assunto é bastante controverso, justamente pelas poucas pesquisas em relação a esse assunto. Fazendo uma comparação com a planta de milho, CAETANO (2001) ressaltou que o ponto de colheita das plantas de milho para confecção de silagem afeta diretamente a produção de forragem por área, a qualidade e consumo da silagem obtida, determinando os níveis de produtividades a serem alcançados e conseqüentemente os resultados econômicos em determinados sistemas de produção animal, dessa forma, mecanismos para determinação desse ponto de colheita são importantes na confecção de silagem de milheto.

À medida que a planta amadurece e atinge a fase de florescimento, os nutrientes são armazenados no grão. Esse processo de maturação está associado com o aumento do teor de MS. Entretanto, dependendo do cultivar e das condições edafoclimáticas a planta apresenta gradientes de maturação de diferentes velocidades (WILKINSON et al., 1998).

A colheita de plantas com teor de MS baixo proporciona ambiente favorável à proliferação e ao desenvolvimento de bactérias indesejáveis (produtoras de ácido butírico) e também a perdas de princípios nutritivos, por lixiviação, e intensa degradação de proteínas (McDONALD et al., 1991).

Em contrapartida, o material quando ensilado com alto teor de MS apresenta também problemas de fermentação devido à difícil compactação, além de problemas de digestibilidade, que é menor quando silagens são confeccionadas com a maturidade muito avançada (THOMAS et al., 2001). Além

disso, JONHSON et al. (2002) verificaram que durante a colheita e picagem das plantas de milho em estádios mais avançados, a redução do tamanho de partícula foi dificultada, prejudicando a compactação na ensilagem em função da colheita das plantas em plena maturidade, resultando em menor densidade da forragem no silo.

Em relação à silagem de milheto são escassos os trabalhos em relação ao melhor ponto para se ensilar essa gramínea. No entanto, levando em consideração que as características dessa gramínea são semelhantes a do milho, características que busquem estágio fisiológico mais avançado, onde fosse possível conciliar maior acúmulo líquido de biomassa, tanto de grãos quanto da planta toda, como maior porcentagem de grãos, sugerindo maior diluição de FDN por amido, mantendo o NDT inalterado e maior teor de MS, o que permitiria uma melhor fermentação e, conseqüentemente maior consumo pelos animais, (ZOPOLLATO, 2007) seria o ponto ideal para se ensilar o milheto.

5. Composição morfológica

O fator mais enfatizado para a avaliação da qualidade da silagem de milho é a porcentagem de grãos na MS presentes na espiga. Na cultura do milheto não é diferente, que possui os grãos inseridos em uma panícula contraída (espiga). A espiga é constituída por inflorescência, com 10 a 50 cm de comprimento e 0,5 a 4,0 cm de diâmetro (BOGDAN, 1977), onde se encontram os grãos, que segundo LAWRENCE et al. (1995), quando comparado ao milho, apresenta de 27 a 32% mais proteína, duas vezes mais extrato etéreo e possui cerca de 2,25 e 1,2 unidades percentuais a mais de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), respectivamente. Segundo KUMAR (1999), a energia equivale em aproximadamente 85% do valor do milho, apresentando baixos níveis de polifenóis, sem a presença de tanino e sua composição é de 75% de endosperma, 17% de embrião e 8% de casca, dessa forma, a sua proporção de

embrião é o dobro da observada no grão do sorgo, contribuindo para melhor valor nutritivo.

Porém, outros parâmetros agrônômicos além da porcentagem de grãos na massa são importantes, dentre eles a porcentagem das demais frações da planta como: colmo+bainha, folha verde e folha seca. As frações da planta contribuem para a produção de MS em diferentes proporções, e variam conforme o genótipo e o estágio de maturação da planta. Segundo WOLF et al. (1993) a fração fibrosa da planta de milho, constituída de colmo, folhas e brácteas, pode representar mais de 50% da MS da planta, portanto, influencia a produção de MS e o valor nutritivo da planta inteira, no milheto não seria diferente. Além da participação das frações da planta de milheto na produção de silagem, a qualidade dessas frações é também, fator muito importante na escolha do genótipo de milheto a ser utilizado para a produção de silagem de qualidade.

6. Considerações sobre silagem – etapas e microflora

A ensilagem é o processo de conservação da forragem baseada na fermentação de carboidratos solúveis resultando na produção de ácido lático em condições de ausência de oxigênio (McDONALD et al., 1991).

O processo de ensilagem pode ser dividido em quatro fases distintas, a primeira fase (fase aeróbia) que tem duração de poucas horas é onde o oxigênio atmosférico presente no silo é consumido pela respiração da planta e por microrganismos aeróbicos facultativos, gerando dióxido de carbono, água e calor. A segunda fase (fermentação) se inicia quando as condições anaeróbicas são alcançadas na forragem ensilada, ocorrendo proliferação de bactérias produtoras de ácido lático, promovendo então queda rápida no pH da silagem. Nessa fase pode ocorrer ainda fermentações secundárias, onde a fermentação pode produzir ácido butírico, que como consequência aumenta os teores de nitrogênio amoniacal e pH, além de causar perdas de nutrientes. A terceira fase (estabilidade) é caracterizada pela estabilização dos processos fermentativos dentro do silo, se

estendendo até a quarta fase que é quando o silo é aberto e o material removido é oferecido aos animais, nessa fase os microrganismos têm acesso ao oxigênio promovendo fermentações indesejáveis e aquecimento da massa (ROTZ & MUCK, 1994).

A microflora da silagem desempenha um papel muito importante no processo de conservação. A microflora pode ser dividida em 2 grupos basicamente, sendo os microrganismos desejáveis (produtores de ácido lático) e indesejáveis que são responsáveis pelas perdas por fermentação anaeróbias (clostrídios e enterobactérias) ou aeróbica (leveduras, listérias, fungos e bacilos), esse grupo de microrganismos indesejáveis além de afetar a qualidade da silagem, podem causar efeito prejudicial sobre a saúde do animal, e pode até comprometer a qualidade do produto produzido pelos mesmos (EUFERINK et al., 1999).

As bactérias ácido-láticas são anaeróbias facultativas e fermentam carboidratos solúveis produzindo ácidos, principalmente o lático, esse ácido aumenta a concentração do íon hidrogênio em nível no qual inibe os microrganismos indesejáveis (McDONALD et al., 1991). Essas bactérias podem ser homofermentativas, que convertem os carboidratos exclusivamente em lactato, ou heterofermentativas, que convertem carboidratos em lactato, CO₂, etanol e acetato (HENDERSON, 1993). As principais bactérias láticas envolvidas no processo de ensilagem são *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis* e *Pediococcus spp* (McDONALD et al., 1991).

Os Clostrídios também são encontrados na forragem, principalmente na forma de esporos e começam a se multiplicar assim que as condições do silo se tornam anaeróbias. O crescimento destes microrganismos é indesejável, pois os mesmos utilizam ácido lático produzido pelas espécies desejáveis, produzindo ácido butírico e degradam aminoácidos numa variedade de produtos de valor nutricional inferior. As enterobactérias não formam esporos, são anaeróbios facultativos e fermentam açúcares a ácido acético e outros produtos, também possuindo a habilidade de degradar aminoácidos (McDONALD et al., 1991).

As leveduras (aeróbicas facultativas) e fungos são os microrganismos de maior importância que causam deterioração aeróbia da silagem. As leveduras em condições de anaerobiose fermentam açúcares a etanol e CO_2 e sob condições aeróbicas degradam ácido láctico a CO_2 e H_2O . De acordo com (McDONALD et al., 1991), os fungos desenvolvem-se na silagem mesmo em locais onde a concentração de oxigênio é mínima. Durante a fase de armazenamento eles se desenvolvem somente nas camadas superficiais da massa ensilada, porém, durante a fase de remoção da silagem para fornecimento aos animais, estes microrganismos podem se disseminar por toda a silagem.

7. Ensilagem de milho

Devido às características de estacionalidade na produção das forrageiras, a ensilagem se torna importante para garantir alimento de qualidade em épocas críticas do ano como o inverno. Em função de suas características agrônomicas e valor nutritivo, o milho possui bom potencial, podendo ser usado na forma de silagem (LIMA et al., 1999).

ANDRADE & ANDRADE (1982) estudando o rendimento de MS do milho e as características de composição química da silagem, observaram que as melhores silagens foram obtidas quando a forragem estava com 134 dias, apresentando nesse estágio valores de pH abaixo de 4,2 e teor de MS por volta de 27%. No mesmo estudo os autores não encontraram diferenças em silagens sem e com aditivos (20% de cana integral e 6% de melaço).

ARAÚJO et al. (2000) em estudo sobre a qualidade e o perfil de fermentação das silagens de diferentes cultivares de milho (CMS01, CMS02 e BN2), não constataram variação nos teores de MS durante o processo de fermentação, os quais se encontravam dentro da faixa considerada normal (entre 30 e 35%). Os teores de PB também não sofreram mudanças significativas (que variaram de 9,59 até 11,32%), mostrando que os cultivares avaliados apresentava características ideais para serem ensilados.

Para obter silagem de alta qualidade não é tarefa tão fácil, sendo preciso levar em consideração alguns critérios importantes como a maturidade e composição morfológica da planta a ser ensilada e, assim, estabelecer o efeito do grau de maturidade da planta o momento da ensilagem sobre o valor nutritivo da silagem.

8. Características bromatológicas da silagem de milheto

A qualidade e o valor nutritivo da silagem dependem, fundamentalmente, da cultivar utilizada, do estágio de maturação no momento do corte e da natureza do processo fermentativo o que refletirá na composição química e, conseqüentemente, no desempenho animal (RODRIGUES et al., 1996). Entre as características importantes para obtenção de silagem de qualidade está o teor de MS, poder de tamponamento e a quantidade de carboidratos solúveis da forrageira, o que permitirá que teores ideais de pH, compostos nitrogenados e ácidos orgânicos sejam encontrados na silagem produzida.

8.1. Teor de matéria seca

O estágio de maturação em que são colhidas as forrageiras submetidas ao processo de ensilagem tem sido um dos fatores que mais alteram a qualidade e o valor nutritivo da silagem.

Como regra geral, à medida que avança o estágio de maturação das plantas, principalmente nas gramíneas forrageiras tropicais, tem-se alterações na composição bromatológicas das silagens, frequentemente com aumentos dos teores de MS e reduções nos de PB. (RODRIGUES et al., 1996). Silagens com valores acima de 40% de MS, a compactação é dificultada, impedindo a eliminação do ar, criando condições para o aquecimento e desenvolvimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos (VAN SOEST, 1994; OHMOMO et al., 2002), com grandes prejuízos para a qualidade da silagem.

Por outro lado, silagens confeccionadas com baixo teor de MS apresentam grandes perdas, não se tornando vantajosa. Inicialmente, porque o valor crítico de pH em que o crescimento de clostrídios é inibido varia diretamente com o conteúdo de umidade da planta, que quando alta promove o crescimento clostridiano, resultando em perdas elevadas e produção de silagem de baixo valor nutricional. Além disso, segundo McDONALD et al. (1991) a ensilagem de culturas úmidas resulta na produção de um grande volume de efluentes, que carregam consigo nutrientes valiosos de alta digestibilidade, como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros compostos nitrogenados. Sendo assim, características referentes ao teor de MS da planta ensilada são importantes no contexto de obtenção de silagem de alta qualidade.

8.2. Capacidade de tamponamento

Segundo McDONALD et al. (1991), a capacidade de tamponamento das plantas, ou seja, a sua capacidade em resistir às alterações de pH, é considerado fator importante que afeta a fermentação da silagem.

O poder tampão é determinado pela quantidade de ácido requerida para baixar o pH da forragem no interior do silo a um nível estável. As propriedades tamponantes das forragens podem ser atribuídas aos ânions (sais ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), entre os ácidos orgânicos destaca-se o málico, oxálico, fosfórico, cítrico, glicérico, quinico, dentre outros, sendo que o ácido oxálico é o mais importante para as gramíneas tropicais (McDONALD, 1981).

Assim, a resistência à alteração do pH durante o processo de fermentação decorre da capacidade de tamponamento da planta, que é característica de cada forrageira e se altera com os seus estádios de maturação (MOISIO & HEIKONEN, 1994).

8.3. Carboidratos solúveis

O conteúdo de carboidratos solúveis em plantas tropicais influencia a possibilidade de se alcançar boa fermentação e produzir silagem de alta qualidade. Segundo COSTA et al. (2001), além dos fatores relacionados ao meio (ponto de colheita, tamanho da partícula, rápido carregamento do silo, compactação e vedação) os fatores intrínsecos são extremamente importantes para que o padrão de fermentação durante a ensilagem ocorra de maneira satisfatória. Esses fatores intrínsecos levam em consideração os teores de carboidratos solúveis e o poder tampão, associados ao teor de MS no momento do corte.

De acordo com VILELA (1997) o teor de carboidratos solúveis (glicose, frutose, sacarose e frutanas) das plantas forrageiras tropicais por ocasião da ensilagem, é fundamental para que os processos fermentativos se desenvolvam de forma eficiente, pois segundo BOLSEN (1995), o teor de carboidratos solúveis é o principal substrato para bactérias acidoláticas produzirem os ácidos, reduzindo o pH e conservando o material ensilado. O amido presente em plantas forrageiras tropicais é estável à degradação na silagem, pois de acordo com McDONALD et al. (1991), a maior parte das bactérias acidoláticas não tem a habilidade de fermentá-lo diretamente.

8.4. Valores de pH

O potencial hidrogênico (pH) da silagem é consequência da fermentação adequada e tem grande importância na qualidade do produto final, visto que quedas rápidas de pH são interessantes. Normalmente este processo de redução de pH se deve a formação de ácidos, resultado da fermentação de carboidratos solúveis por bactérias lácticas naturalmente encontradas na cultura ou adicionadas na massa ensilada. Esses ácidos, principalmente o lático, aumenta a

concentração do íon hidrogênio em um nível em que os microrganismos indesejáveis são inibidos (McDONALD et al. (1991).

Para promover fermentação desejável no processo de ensilagem, alguns fatores são importantes como o meio anaeróbico, disponibilidade adequada de carboidratos solúveis para as bactérias e população suficiente dessas bactérias (GUIMARÃES Jr. et al. 2005). A quantidade de carboidratos solúveis necessária para a completa fermentação é dependente da capacidade de tamponamento e do conteúdo de MS da forragem (MUCK, 1988).

8.5. Compostos nitrogenados

Segundo (EVANGELISTA & LIMA, 2001) a concentração de amônia das silagens, expressa como porcentagem do nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) em relação ao nitrogênio total (NT), é amplamente utilizada na avaliação de silagens. Os teores desses compostos são consequência do processo de fermentação, onde fermentações mais adequadas promovem menores teores dessa fração, o que refletiria em menor proteólise do material ensilado. Após a colheita, ocorre rápida proteólise na planta, sendo mediada, principalmente, por enzimas da planta e degradações subseqüentes de aminoácidos pela ação de microrganismos (HERON et al., 1989). Segundo VAN SOEST, 1994, baixo teor de $N-NH_3$, inferior a 10% do nitrogênio total, indica que o processo de fermentação não resultou em quebra excessiva da proteína em amônia e que os aminoácidos e peptídeos constituem a maior parte do nitrogênio não-protéico.

8.6. Ácidos orgânicos

O processo de ensilagem visa à acidificação do meio através da formação de ácidos orgânicos. Estes são formados pela atuação dos microrganismos sobre os constituintes celulares e/ou sobre produtos formados durante a fermentação.

Segundo VAN SOEST (1994) os ácidos orgânicos na silagem não são os mesmos encontrados na forragem. Os ácidos orgânicos são solúveis em água e apresentam caráter ácido fraco e são representados pelos ácidos lático, acético, butírico, propiônico, isobutírico, valérico, isovalérico, succínico e fórmico, sendo os quatro primeiros de maior importância.

O ácido lático é formado por grande população de bactérias homofermentativas (*Lactobacillus*, *Pediococcus* e *Streptococcus*) no início do processo de fermentação reduzindo rapidamente o pH da silagem, evitando as fermentações indesejáveis e as perdas de energia e proteína. Pode ocorrer ainda, o surgimento de outras fermentações bacterianas ou fúngicas (bactérias heteroláticas), as quais produzem ácido acético e butírico, ou ainda degradam o ácido lático já produzido e proteínas, resultando em perdas e dificultando a redução de pH da massa ensilada (McDONALD, 1981).

Segundo o mesmo autor, o ácido acético é produzido por enterobactérias, bactérias láticas heterofermentativas e, em menor proporção, por clostrídios, que também produzem o ácido butírico a partir do ácido lático. A presença de ácido acético em grande quantidade é indicativo de grandes perdas de MS e energia. Em relação ao ácido butírico, este está relacionado com a atividade clostridiana na massa ensilada, causando problemas sobre a qualidade e aceitabilidade pelos animais.

8.7. Ensilabilidade de plantas forrageiras tropicais

A ensilabilidade da planta forrageira se refere à adequação da forragem a conservação na forma de silagem. Para que a planta forrageira tenha bom padrão de fermentação no silo, além de fatores ligados a tecnologia de ensilagem (ponto de colheita, tamanho da partícula, rápido carregamento do silo, compactação e vedação), são também de grande importância alguns fatores ligados a planta. Dentre esses fatores são destacados três que tem grande influência na qualidade de fermentação da massa ensilada, o teor de MS, a concentração de açúcares

solúveis e a capacidade tampão da forrageira ensilada (ALLEN, 2003), que irão permitir que se determine a capacidade fermentativa da planta forrageira. A capacidade fermentativa (CF) é calculada de acordo com a equação proposta por KAISER et al. (2002), $CF = MS + 8 \times (CS/CT)$; em que a MS é expressa em %, os carboidratos solúveis (CS) em % da MS e a capacidade tampão (CT), em e.mg de HCl/100 g de MS.

Dessa forma, além dessas variáveis determinarem a qualidade de fermentação no silo, são efeitos importantes para a fermentação adequada, permitindo que variáveis consequenciais como pH, N-NH₃ e ácidos orgânicos permaneçam em teores adequados, para permitir melhor qualidade do produto final.

9. Inoculantes bacterianos

Além de alguns fatores ligados ao processo de ensilagem como o teor de MS da planta ensilada e fatores ligados ao tamanho da partícula e compactação da massa ensilada, outros fatores como a inoculação de bactérias no momento na ensilagem, tem sido questionados e utilizado com o objetivo de melhorar a fermentação no interior da massa ensilada.

A população de microrganismos epifíticos, entre eles as bactérias produtoras de ácido láctico, pode ser pequena nas forragens (SPECKMAN et al., 1988), sendo afetada pelas condições ambientais (umidade, temperatura, radiação solar, espécie e características da planta), o que pode levar, ao longo do tempo, à obtenção de silagens de qualidade variável, a partir do mesmo tipo de forragem e sistema de manejo (ASHBELL, 1995).

Os inoculantes bacterianos para silagem atualmente são bastante populares em alguns países e começam a ser comercializados também no Brasil.

Os resultados obtidos por BOLSEN et al. (1995) mostraram que o aumento artificial da quantidade inicial de bactérias produtoras de ácido láctico na forragem pode favorecer a fermentação, desde que tenha carboidratos solúveis, resultando

em silagens de melhor qualidade, promovendo queda mais rápida do pH, valor final do pH mais baixo, aumento na relação entre os ácidos láctico e acético e diminuição nos teores de N-NH_3 .

Preconiza-se que em silagens inoculadas há maior recuperação da MS e elevação de sua digestibilidade, além de ocorrer abaixamento do pH, o que diminui a população de microrganismos produtores de ácido butírico e acético (MUCK & KUNG Jr., 1997; WINTERS et al., 2001).

Avaliando a silagem de milho submetida a diferentes aditivos (grãos de sorgo e inoculante bacteriano), FIALHO et al. (2003) observaram que a adição de grão de sorgo, resultou em melhora na qualidade da silagem, e o uso do inoculante bacteriano acarretou diminuição do pH, inibindo fermentações indesejáveis e proporcionando maiores teores de PB.

Diante dos resultados encontrados na literatura, é possível afirmar que, as respostas do uso de inoculante bacteriano são bastantes variáveis, tanto em relação à ingestão quanto ao desempenho de animais (DAWSON et al., 1999; WINTERS et al., 2001). Dessa forma, seu uso pode ter efeito negativo sobre a estabilidade aeróbia da silagem, pois o ácido láctico, além de não ser um agente antimicrobiano efetivo, torna-se substrato para organismos aeróbios após abertura do silo. Em silagens inoculadas com bactérias homoláticas, KUNG Jr. & RANJIT (2001) observaram sinais de deterioração em metade do tempo em relação a silagem não-inoculada, evidenciada pelo aquecimento da massa e pelo aparecimento de fungos, ocasionando perdas físicas e químicas. Silagens mais propícias à deterioração aeróbia são aquelas que têm maior teor de carboidrato solúvel residual, nas quais foi utilizado o inoculante microbiano, ou que tenham sido intensivamente emurchecidas (McDONALD, 1981).

Considerando que os resultados obtidos pela pesquisa têm sido variáveis, quanto à eficácia de inoculantes bacterianos sobre a qualidade e preservação das silagens, e, segundo ASHBELL (1995), inoculantes usados com sucesso em determinada região podem não ser eficientes em outras, indicando influência de condições locais sobre o efeito dos inoculantes, são necessários estudos para

avaliação da eficácia dos inoculantes bacterianos comercializados no Brasil, dentro das nossas condições de produção.

10 - Tamanho de partículas da forragem

Entre os fatores que definem a qualidade final da silagem, está o tamanho de partículas em que a forragem foi ensilada. Segundo EVANGELISTA et al. (2004) a densidade de massa de forragem observada no fechamento do silo determina a quantidade de oxigênio residual, essa quantidade de oxigênio pode ser maior ou menor dependendo do tamanho de partícula da forragem ensilada. AGUIAR et al. (2000) sugerem que menores tamanhos de partículas podem favorecer a fermentação, facilitando a compactação, promovendo maior superfície de contato entre substrato e microrganismo e disponibilizando maior conteúdo celular. McDONALD et al. (1991) indicaram que o tamanho de partícula, quando inferior a 20 mm, pode atuar positivamente na disponibilidade de carboidratos solúveis, e conseqüentemente estimulando o crescimento de bactérias lácticas. BALSALOBRE et al. (2001) afirmaram que a redução do tamanho de partícula da forragem minimiza a fermentação butírica, pois promove melhor compactação, além de maior contato do substrato com bactérias fermentadoras, elevando a produção de lactato e reduzindo rapidamente o valor do pH.

Segundo BALSALOBRE et al. (2001) o uso de partículas pequenas na confecção de silagem define menores custos de produção, promove menores perdas físicas durante a retirada e distribuição da silagem no cocho e relacionam-se ao maior potencial de consumo pelos animais das mesmas, associando-se nesse caso ao tipo do sistema de desensilagem, apesar de no entanto, a redução do tamanho de partículas da massa ensilada não diminuir significativamente a perda total de MS em silagens com teores de MS inferiores a 27%.

Quando o tamanho médio da partícula é limitado pela eficiência das colhedoras de forragem, esse fato constitui-se o principal fator restritivo ao aumento da densidade da silagem.

Segundo LAVEZO (1985) a picagem da forragem em tamanhos de 3 a 5 cm facilita a compactação, e consequentemente, a expulsão do ar da massa ensilada, fato este também foi observado por IGARASSI et al. (2002), em que o tamanho de partícula de capim tanzânia quando reduzido e ensilado no verão, aumentou a densidade de 599 para 687 kg MS/m³.

BALSALOBRE et al. (2001) sugeriram que a produção de silagem de boa qualidade pode necessitar de maior compactação visando maior densidade da massa ensilada, no entanto, quanto maior a compactação da massa ensilada, maior é a chance de haver aumento na produção de efluentes, que pode determinar aumento na proporção de perdas totais, sendo esse efeito dependente do teor de MS da forragem que foi ensilada.

Apesar da redução no tamanho de partículas objetivar o aumento da densidade da massa ensilada, MUCK & HOLMES (2000) haviam anteriormente observado comportamento inverso. A densidade final depende, além do tamanho de partículas, de fatores como a espessura da camada de forragem colocada no silo, tempo de compactação de cada camada e velocidade de enchimento.

Ao adotarem diferentes tamanhos de partículas em silagem de capim, AGUIAR et al. (2001) observaram que, com sua redução, houve efeito benéfico na conservação da fração protéica, demonstrado pela menor conversão da fração nitrogenada em nitrogênio não protéico. Os teores de PB em silagem com partículas menores e maiores foram de 11,76% e 10,69%, respectivamente.

LAURES et al. (2003) encontraram melhor estabilidade aeróbia com menores tamanhos de partículas na silagem de capim tanzânia, sugerindo que a extensão desse efeito prolonga-se até o fornecimento de silagem para os animais.

O tamanho de partícula atua favoravelmente no consumo de MS e no aumento da passagem da digesta pelo trato digestivo do animal (KONONOFF et al., 2003), que por consequência, aumenta o aporte de energia, porém, pode afetar negativamente a fermentação ruminal, uma vez que menor tamanho de partícula resulta em menor tempo de ruminação e produção de bicarbonato por parte do animal (depende da espécie vegetal, concentração de grão na massa e

do nível de concentrado da dieta). FITZGERARD (1996) comparou silagens cortadas com amplitude entre 10 e 15 cm contra amplitude de 2 a 5 cm, observando que o tempo de retenção no rúmem de carneiros foi maior para silagens de partículas maiores. Assim, essas silagens apresentaram menor consumo e, conseqüentemente os animais que ingeriram silagens com partículas menores obtiveram maior ganho de peso.

Dessa forma, o tamanho de partículas em que a forragem será ensilada é de suma importância na confecção de silagem de qualidade, porém alguns fatores devem ser levados em consideração para que o benefício da diminuição da partícula seja realmente vantajoso para o sistema como um todo.

11 - Silagem de milho na alimentação de bovinos

Em virtude da distribuição irregular de forragem durante o ano e da baixa qualidade das forrageiras tropicais, muitas vezes a fase de acabamento dos animais de alto potencial genético tem sido realizada em confinamento. Esse procedimento exige adequado planejamento alimentar, tanto na conservação de volumoso de elevado valor nutritivo, na forma de feno ou silagem, bem como dos alimentos concentrados energéticos, pela sua elevada participação em dietas de confinamento. Nos sistemas de alimentação que visem altas produções, tem-se dado preferência a volumosos com baixos teores de fibra, uma vez que, tendo satisfeito as necessidades fisiológicas da ruminação, ainda há espaço físico para maior consumo de grãos, que possuam alta energia, proporcionando maior eficiência alimentar (SPADOTTO et al., 1996).

Segundo VAZ & RESTLE (1998), embora os alimentos concentrados desempenhem papel fundamental para reduzir a idade de abate dos novilhos e, conseqüentemente, melhorar a qualidade da carne bovina, ainda é a fração volumosa a que participa em maior proporção na dieta dos animais, apesar de um novo cenário que preconiza a utilização de dietas mais concentradas venha sendo muito utilizado atualmente nos confinamentos.

Dessa forma, a silagem de milheto é uma excelente alternativa para produção de silagem, principalmente em regiões com problemas de veranico ou seca, pois em função de suas características agronômicas entre elas o teor de MS, que favorece a fermentação, faz que essa cultura apresente grande potencial como planta forrageira contribuindo na melhoria das dietas e, conseqüentemente para o ótimo desempenho animal.

De acordo com ANDREWS & DUMAR (1992), novilhas consumindo dietas com silagem de sorgo e milheto apresentaram maior ingestão e digestibilidade da MS do que aquelas que consumiram silagens de forrageiras de clima temperado. MESSMAN et al. (1992) avaliaram a produção de leite, digestibilidade e fermentação ruminal em vacas no terço médio da lactação recebendo como volumosos a silagem de milheto (50% da MS total) ou silagem de milho ou alfafa e verificaram que o consumo de MS, a produção de leite e a digestibilidade não foram influenciados pelos tratamentos. Os autores concluíram que a silagem de milheto pode ser considerada como alternativa importante de volumoso para alimentação de ruminantes, mesmo para animais mais exigentes como vacas em lactação.

Atualmente o número de cultivares de milheto lançados no mercado tem aumentado significativamente, o que torna necessária melhor avaliação nutricional desses materiais genéticos na forma de silagem. Alguns trabalhos descrevem o valor nutritivo de silagens de milheto, no entanto, poucos são os estudos relacionados ao comportamento desse alimento quanto ao desempenho animal e qualidade de carcaças de bovinos de corte terminados em confinamento tendo como fonte volumosa a silagem de milheto. Assim sendo, novos estudos precisam ser realizados nesse sentido com o objetivo de determinar o verdadeiro potencial dessa planta forrageira e suas limitações.

12. Objetivos Gerais

Avaliar as características agronômicas e fermentativas do milho colhido em diferentes épocas e determinar o ponto ideal de colheita da cultura do milho para a ensilagem.

Avaliar os efeitos da inoculação com bactérias homo e heterofermentativas (produto comercial) e do tamanho de partículas na ensilagem do milho sobre as características fermentativas, perdas durante a fermentação e estabilidade aeróbia.

13. Referências bibliográficas

AGUIAR, R. N. S.; CRESTANA, R. F.; BALSALOBRE, M. A. A. et al. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...**Viçosa: SBZ, 2000, p.32.

AGUIAR, R. N. S.; CRESTANA, R. F.; BALSALOBRE, M. A. A. et al. Efeito do tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada se silagem de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 2001, p.314-316.

ALLEN, M.S; COORS J.G.; ROTH, J.W. Corn silage. In: BUXTON, D.R; MUCY, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds). **Silage Science and Technology**. 1 ed. Madison: Americam Society of Agronomy, p. 547-608, 2003.

AMARAL, P. N. C. do; EVANGELISTA, A. R.; SALVADOR, F. M. et al. Produção e qualidade da silagem de três cultivares de milheto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 611-617, 2008.

ANDRADE, J. B. & ANDRADE, P. Produção de silagem do milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Schum). **Boletim da Indústria Animal**., N. Odessa, 39(2):155-165, 1982.

ANDREWS, D.J. e RAJEWSKI, J.F. Reading, characteristics and use of pearl millet. In: FIRST NATIONAL GRAIN PEARL MILLET SYMPOSIUM. **Proceedings...** Tifton: Georgia, 1995, p.1-4.

ANDREWS, D. J.; DUMAR, K. A. Pearl millet for food, feed, and forage. **Advances in Agronomy**, New York, v. 48, p. 89-139, 1992.

ARAÚJO, V. L.; RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. A. S.; BORGES, A. L. C. C.; ALMEIDA, P. M. A.; RIBEIRO, L. G. Qualidade e perfil de fermentação das silagens de três cultivares de milho. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2000.

ASHBELL, G. Basic principles of preservation of forage, by-products and residues as silage or hay. Bet Dagan: Agricultural Research Organization, **The Volcani Center**. (n.1664-E). 58p. 1995.

BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JUNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001, p.890-911.

BARBOSA, S.; DAVIDE, L. C.; PEREIRA, A. V. Citogenética de Híbridos entre *Pennisetum purpureum* Schumack e *Pennisetum glaucum* L. e seus Genitores. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.27, n.1, p.26-35, 2003.

BARROS, C.O. PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R. et al. Rendimento e composição química do Capim-Tanzânia estabelecido com milho sob três doses de nitrogênio. **Revista Ciência e Agrotecnologia** Lavras, v. 26, n. 5, p. 1068-1075, 2002.

BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants (grasses and legumes)**. London: Logman, 1977. 241 p. (Tropical Agriculture Series).

BOGDAN, A.V. Tropical pasture and fodder plants grasses and legumes. London, **Longman**, 1976.475p.

BOLSEN, K.K., ASHBELL, G., WILKINSON, J.M. Silage additives. In: WALLACE, J., CHESSON, A. (Ed.) **Biotechnology in animal feeds and animal feeding**. New York: VCH Weinheim. p.33-54. 1995.

BOLSEN, K.K. Silage: basic principles. In: BARNES, R.F.; MILLER, D.A.; NELSON, C.J. (Eds.) **Forages**. 5.ed. Ames: Iowa State University, 1995. p.163-176.

BONAMIGO, L.A. A cultura do milheto no Brasil, Implantação e desenvolvimento no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1999, p. 31-65.

BRUKEN, J. N. The systematic study of *Pennisetum* Sect. *Pennisetum* (Graminea). **American Journal of Botany**, New York, v. 64, n. 2, p. 161-176, Feb. 1977.

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhido em duas alturas de corte para produção de silagem**. 2001. 178p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2001.

COSTA, C.; MONTEIRO, A.L.G.; BERTO, D.A. et al. Impacto do uso de aditivos e/ou inoculantes comerciais na qualidade de conservação e no valor alimentício de silagens. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.87-126.

DAWSON, L.E.R. et al. The effects of wilting grass before ensiling on silage intake. **Grass and Forage Science**., Oxford, v. 54, n. 3, p. 237-247, 1999.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; PEREIRA, R. C. Perdas na conservação de forragem. In: JOBIM, C. C. et al. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2, 2004. **Anais...** Maringá: UEMCCA DZO 2004. p. 75–112.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. Utilização de silagem de girassol na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2001. p. 177-217.

EUFERINK, S.J.W.H.O.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F. Silage Fermentation Processes and Their Manipulation. IN: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE – SILAGE MAKING IN THE TROPICS, WITH PARTICULAR ENPHASIS ON SMALLHOLDERS, 1999, Roma. **Proceedings...** Roma: FAO, 1999. p.17-30.

FAO. First forecast points to drop in 1999 world cereal production. Disponível em: <<http://www.fao.org/NEWS/GLOBAL/GW9905-c.htm>>. Acesso em: 20 abr.2009.

FIALHO, M. P.; TRAVAIM, M. F.; DIAS, M.; ROSA, R. B.; REZENDE, L. H. G. S.; ALBERTINI, T. Z.; DETMANN, E.; ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. G. Avaliação da silagem de milheto (*Pennisetum americanum*) submetida a diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, 2003.

FITZGERARD, J.J. Grass silage as a basic feed for store lambs. 1. Effect of wilting, chop length and stage of maturity of grass silage on intake an performance of store lambs. **Grass an Forage Science**, Oxford, v.51, p. 363-377, 1996.

FREITAS, E.G. Milheto na produção de leite. **Agropecuária Catarinense**, v.1, n.2, p.20- 22, 1988.

GATES, R. N.; HANNA, W. W.; HILL, G. M. O milheto como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados. 1999. p. 87-94.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.; RODRIGUES, J. A. S. et al. Matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.251-258, 2005.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, n.1, p. 35- 56, 1993.

HERON, S.J.E.; EDWARDS, R.A.; PHILLIPS, P. The effect of pH on the activity of ryegrass (*Lolium multiflorum*) proteases. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.46, n.3, p. 267-277, 1989.

IGARASI, M.S.; NUSSIO, L.G.; PAZZIANI, S.F. et al. Losses of grass Tanzania (*Panicum maximum*) affect by matter level and particle size. In: INTERNACIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: 2002. p.64-65.

JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H.; DAVIDSON, D. et al. Corn silage management: effects of maturity, inoculation, and mechanical processing on pack density and aerobic stability. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.2, p.434-444, 2002.

KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: 2002. p.344-358.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; SILVA, J.M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1999, p.97-103.

KONONOFF, P. J.; HEIRINCHS, A. J.; LEHMAN, H. A. The effect of corn silage particle size on eating behaviour, chewing activities and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.3343-3353, 2003.

KUMAR, A. O milheto como cultura granífera para ração. IN: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1999, p. 113-130.

KUNG Jr., L.; RANJIT, N.K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 84, n. 5, p. 1149-1155, 2001.

LAWRENCE, B.V.; ADELA, O; ROGLER, J.C. Nutrient digestibility and growth performance of pigs fed pearl millet as a replacement for corn. **Journal of Animal Science**, v. 73, n.12, p. 2026-2032, 1995.

LAURES, D. R. S.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F., et al. Effect of dry matter, particle size and microbial\enzymatic additive on the aerobic stability of Tânzania grass. (*Panicum maximum* Jacq.) silage. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., Porto Alegre, 2003c. **Proceedings**. Porto Alegre, 2003. p.114.

LAVEZO, W. Silagem de capim Elefante. **Informe Agropecuário**, v.11, p.50-57, 1985.

LIMA, M. L. M.; CASTRO, F. G. F.; TAMASSIA, L. F. M. Culturas não convencionais – Girassol e Milheto. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 7., 1999. Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1999. p. 167- 195.

LIRA, M. A. Cultura do Milheto. In: _____. **Cultura do milheto**. Fortaleza: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária 1982. p. 9-22. Curso para extensionista agrícola.

McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe, 1991. 339p.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: JohnWiley, 1981.

MESSMAN, M. A.; WEISS, W. P.; HENDERLONG, P. R.; SHOCKEY, W. L. Evaluation of Pearl Millet and Field Peas Plus Triticale Silages for midlactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, n. 10, p. 2769-2775, Oct. 1992.

MOISIO, T; HEINKONEN, M. Latic acid fermentation in silage preserved with formic acid. **Animal Feed Science and Technology**, v.47, n.1, p.107-124, 1994.

MUCK, R. E.; HOLMES, B. J. Factors affecting bunker silos densities. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 16, p.613-619, 2000.

MUCK, R. E.; KUNG JUNIOR, L. Effects of silages additives on ensiling. In: THE SILAGE : FIELD TO FEED BUNK NORTH AMERICAN CONFERENCE. Hershey, 1997. **Proceedings**. Hershey: National Regional Agricultural Engineering Service. 1997.p.187-199.

MUCK, R.E. Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Manegement **Journal of Dairy Science**, v. 71, p.2992-3002, 1988.

OHMOMO, S.; TANAKA, O.; KITAMOTO, H.K.; CAI, Y. Silage and microbial performance, old story but new problems. **JARQ**, v.36, n.32, p.59-71, 2002.

PERRET, V.; SCATENA, C.M. **Milheto: Um cereal alternativo para os pequenos produtores do Sertão da Bahia**. Salvador: EMATER - BA - CPATSA, 1985. 103p. (Série Pesquisa e Desenvolvimento, 9).

RODRIGUES, J.A.S.; SILVA, F.E.; GONÇALVES, L.C. Silagem de diferentes cultivares de sorgo forrageiro colhidos em diversos estádios de desenvolvimento. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 21., 1996, Londrina. **Anais...** Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1996. p.269.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR. **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Lincoln: Nebraska, 1994. p.828- 868.

SCALÉA, M. A. A cultura do milho e seu uso no plantio direto no cerrado. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999. Planaltina. **Anais...** Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. p. 75-82.

SKERMAN, P.J., RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Roma: FAO, 1990. 832p.

SPADOTTO, A.J. *et al.* Avaliação da silagem de milho das variedades granífera e forrageira no desempenho de bovinos das raças Nelore e Canchim em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, Viçosa, v.25, n.1, p.1-12, 1996.

SPECKMAN, C.A., PHILIPS, R.M., LINNERTZ, D.P. *et al.* A survey for indigenous *Lactobacillus* species on standingfield corn at ensiling maturity. **Journal Animal Science**, p 53-99, 1988. (Suppl. 1).

THOMAS, E.D.; MANDEBVU, P.; BALLARD, C.S. *et al.* Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, *in vitro* digestibility, and milk yield by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.10, p.2217-2226, 2001.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476 p.

VAZ, F.N.; RESTLE, J. Produção de carne com qualidade. In: RESTLE, J. *et al.* (Ed.) **Produção intensiva com qualidade em bovinos de corte**. Santa Maria: UFSM, 1998. p.104-119.

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. In: CARVALHO M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.F. *et al.* (Eds.) **Capim-elefante: produção e utilização**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997. p. 113-160.

ZAGO, C. P. **Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo**. Capinópolis: Sementes Agrocere S.A., 1991. 34p.

ZOPOLLATTO, M. **Avaliação do efeito da maturidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem sobre a produtividade, composição morfológica e valor nutritivo da planta e seus componentes**. 2007. 210f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

WILKINSON, J.M.; NEWMAN, G.; ALLEN, D.M. **Maizy**: Producing and feeding maize silage. Lincoln, UK: Chalcombe, 1998. 73p.

WINTERS, A. L.; FYCHAN, R.; JONES, R. Effect of formic acid and a bacterial inoculant on the amino acid composition og grass silage and on animal performance. **Grass and Forage Science**, v. 56, p. 181-192, 2001.

WOLF, D.P.; COORS, J.G.; ALBRECHT, K.A. et al. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, v.33, n.6, p.1359-1365, 1993.

CAPÍTULO 2 - PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA E PERFIL DE FERMENTAÇÃO DO MILHETO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESTÁDIO DE MATURIDADE

RESUMO – Objetivou-se com esta pesquisa determinar o ponto ideal de colheita da cultura de milho para a ensilagem. O híbrido avaliado foi o ADR 7010 plantado em janeiro de 2009, nas dependências da Agência Paulista de Tecnologia do Agronegócio, Colina - SP. No estudo, o híbrido foi avaliado em nove épocas de corte (50, 57, 64, 71, 78, 85, 92, 99 e 106 dias após a semeadura - DAS). A produtividade de MS da planta de milho variou de 7,42 a 14,52 t MS/ha no corte referente a 50 DAS e 92 DAS, respectivamente. O percentual de espiga apresentou maior porcentagem na planta com 92 DAS, nesse ponto a planta apresentava 46,79% dessa fração. Com o avanço da maturação aumentou os teores de MS da planta inteira (12,16 a 33,21%), de forma quadrática. Os valores de composição química da planta inteira e dos componentes apresentaram efeito quadrático em função da maturidade da planta. Os teores de MS da silagem apresentaram efeito linear crescente em função da maturidade da planta. O pH da silagem apresentou valores variando de 3,81 a 4,12. A perda por efluentes apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) de acordo com a maturidade da planta, sendo o menor valor de efluente produzido no milho ensilado 88 DAS. Os teores de PB reduziram com o tempo de maturação da planta, assim como a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e a celulose. Os teores de lignina da silagem não diferiram estatisticamente em função da maturidade. Os teores de nitrogênio amoniacal reduziram com a maturação da planta, com valores mínimos encontrados na silagem das plantas colhidas 92 DAS. O intervalo compreendido entre 85 e 99 dias após a semeadura constitui-se a faixa ideal para ensilar o milho ADR 7010.

Palavras-chave: época de corte, gramínea anual, produtividade, padrão de fermentação, silagem.

1. Introdução

O milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é uma gramínea tropical, de fácil implantação e manejo, que se destaca pelas características de adaptabilidade em diferentes condições de clima e solo, sendo utilizada em sistemas de integração lavoura-pecuária e também como forrageira. O milheto se apresenta como boa alternativa para produção de silagem, principalmente quando cultivado no período da safrinha, ou em regiões sujeitas a veranicos e secas, onde culturas como o milho e o sorgo não se desenvolveriam satisfatoriamente (KICHEL et al., 1999).

Além da produtividade de MS da cultura, a avaliação da produtividade dos componentes da planta é muito importante, pois esses estão diretamente relacionados com a qualidade do volumoso produzido, onde a produtividade de grãos tem uma importância maior, pois esse componente reflete diretamente na silagem de melhor qualidade (NUSSIO et al., 2001).

Deste modo, conhecer as proporções dos componentes da planta de milheto, principalmente a espiga é muito importante, pois a proporção de grãos tem sido reconhecida como critério para escolha de materiais genéticos para silagem, por estar correlacionada com produtividade de grãos e MS total da planta (ZOPOLLATO, 2007).

Outro fator com grande importância para a determinação do momento de colheita da planta de milheto é o teor de MS, sendo esse um dos fatores que permite adequada fermentação do material ensilado e, conseqüentemente proporcionará silagem de alta qualidade (McDONALD et al., 1991). Para a produção de silagem de qualidade nutricional superior é preciso observar o ponto de maturação ideal em que a planta de milheto deve ser ensilada e, assim, estabelecer o efeito do grau de maturidade da planta, no momento da ensilagem, sobre as características de perdas durante a fermentação (AMARAL et al., 2008).

O objetivo dessa pesquisa foi avaliar as características agrônômicas e fermentativas do milheto colhidas em diferentes épocas e conhecer qual a melhor

idade para se ensilar, buscando o ponto de corte onde se tenha alta produtividade, poucas perdas e adequada qualidade nutricional.

2. Material e métodos

2.1. Local do experimento

O experimento foi desenvolvido no Pólo Regional da Alta Mogiana, na cidade de Colina – SP, localizada a latitude de 20°43' 05" S, longitude 48° 32' 38" W, a uma altitude de 732 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AW, clima tropical com inverno seco e verão chuvoso.

Durante o período experimental, foram observados valores médios de precipitação, temperatura mínima e máxima correspondentes a 226,1mm, 16,6°C e 30,0 °C, respectivamente.

2.2. Semeadura

A área experimental recebeu preparo de solo convencional, sendo realizada uma aração e uma gradagem com grade niveladora. Os sulcos foram abertos por um sulcador com hastes espaçadas de 0,48 m.

O híbrido de milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) utilizado foi o ADR 7010 (Sementes Adriana) que teve seu plantio realizado no dia 20/01/2009 com espaçamento de 0,48 m entre linhas e com estande de 22 plantas por metro linear, correspondendo a uma população de aproximadamente 458.300 plantas/ha. A adubação de plantio foi equivalente a 350 kg/ha de 8-28-16 (NPK) e a de cobertura com 100 kg/ha de uréia, de acordo com recomendações de WERNER et al. (1996).

2.3. Estádios de maturidade

As datas dos cortes das plantas foram realizadas a partir do 50º dia após a semeadura (DAS) do híbrido de milho, após essa data e posteriormente, a cada semana, totalizando nove estádios de maturidade, designados como DAS, ou

seja, o híbrido foi colhido e avaliado aos 50, 57, 64, 71, 78, 85, 92, 99, 106 DAS. Em cada corte, do total de nove, foram colhidas as plantas da linha central da parcela experimental (1 metro linear), na qual continha três linhas, sendo as duas linhas da extremidade utilizadas como bordadura.

2.4. Avaliações agronômicas

Após serem cortados manualmente a 10 cm do solo, os feixes foram agrupados, identificados e levados ao laboratório, onde foram pesados para determinação da massa verde. Com base nos dados obtidos, realizaram-se os cálculos de produção de matéria verde da planta (PMV) por área (t/ha).

Uma planta de cada parcela colhida foi separada ao acaso, formando 4 novos feixes no qual foi utilizado para fracionamento das partes (colmo, folha verde, material senescente e espiga), sendo previamente pesadas para determinação da massa total.

Cada fração foi pesada separadamente, uma parte dessa fração foi colocada em sacos de papel, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas para determinação do teor de MS. Em seguida foi retirada uma amostra da planta inteira, correspondente ao material triturado. Após esse período as amostras foram novamente pesadas, moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem 1 mm e armazenadas em potes de plástico para análises posteriores.

Com base nos dados obtidos, realizaram-se os cálculos de produção de MS (PMS) da planta inteira por área (t/ha), produção de MS de folha (PFO), colmo (PCOL), espiga (PESP) e material senescente (PMSSEN) por área (t MS/ha), sendo a PMSSEN referente às folhas apresentando mais de 50% em senescência.

Em função do peso do conjunto de plantas antes da separação e o peso dos componentes após o fracionamento, foi possível determinar o percentual de cada componente da planta em cada corte realizado, ou seja, determinou-se a

porcentagem de folha (%FO), colmo (%CO), espiga (%ESP) e material senescente (% MSEN), em cada corte.

Após a determinação do teor de MS utilizando estufa de ventilação forçada de ar, realizaram-se também os cálculos da porcentagem de MS da planta inteira (%MSPI), folha (%MSFO), colmo (%MSCO), espiga (%MSESP) e material senescente (%MSMSEN) de cada corte realizado. Determinou-se também a distribuição do teor de MS dos componentes da planta de milho, obtido pela relação entre o teor de MS da planta e a porcentagem de cada componente. O valor obtido da distribuição da MS significa quantas unidades percentuais de cada componente representava no teor da MS, assim o somatório dos componentes é igual ao teor de MS da planta.

2.5. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas

Nas amostras pré-secas da planta inteira e das frações folha, colmo, espiga e material senescente, foram determinados os teores de MS, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) segundo os métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliados pelo método sequencial segundo as técnicas descritas por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Na determinação da celulose foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994), enquanto os teores de lignina foram calculados por diferença entre FDA e celulose.

2.6. Determinação das perdas do material ensilado

Em cada corte realizado, parte do material foi triturado com auxílio de uma picadora estacionária em partículas de 1 a 3 cm e ensilado em nove idades de corte (50, 57, 64, 71, 78, 85, 92, 99 e 106 DAS), em silos experimentais.

Os silos experimentais utilizados foram baldes de plástico com capacidade de 18 L, vedados com tampa e fita adesiva e no fundo dos silos foram colocados

aproximadamente 7 kg de areia seca, separada da forragem por um tecido de náilon, para quantificação do efluente produzido. A ensilagem foi realizada com auxílio de bastões de ferro, objetivando alcançar a densidade de 600 kg de forragem/m³.

Após a compactação da forragem, os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados à temperatura ambiente. No momento da ensilagem das plantas colhidas em cada corte realizado foi coletada uma amostra para determinação do teor de MS do material fresco.

Decorridos 85 dias de fermentação os silos foram abertos, de acordo como foram confeccionados, ou seja, baldes referentes ao 1º corte (50 DAS) foram abertos primeiro, 7 dias depois foram abertos os baldes referentes ao 2º corte (57 DAS) e assim sucessivamente, sendo novamente pesados, para determinação das perdas e finalmente abertos. A silagem foi homogeneizada e amostrada para determinação dos teores de MS, valores de pH e nitrogênio amoniacal.

A determinação da perda por gases (GASES) foi calculada pela seguinte fórmula:

$GASES = (PSI - PSF) / MSI * 100$, sendo:

GASES: produção de gases (%),

PSI: peso do silo no momento da ensilagem (kg),

PSF: peso do silo no momento da abertura (kg),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) * % MS)

Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia e tecido de náilon foram pesados para quantificação do efluente produzido. A determinação da perda por efluentes (EFLU) foi calculada pela equação abaixo:

$EFLU = (Pab - Pfec) / MFfec * 1000$, sendo:

EFLU: produção de efluente (kg t⁻¹ massa verde),

Pab: peso do conjunto (balde+areia+tecido+tampa) na abertura (kg),

Pfec: peso do conjunto (balde+areia+tecido+tampa) no fechamento (kg),

MFfec: Massa de forragem no fechamento (kg)

O índice de recuperação de MS (RMS) foi obtido através da diferença de peso obtido pela pesagem da massa de forragem no momento da ensilagem e na abertura, e seus respectivos teores de MS. A determinação da RMS foi obtida pela equação abaixo:

$RMS = (MFab * MSab) / (MFfec * MSfec) * 100$, sendo:

RMS: índice de recuperação de matéria seca (%),

MFab: massa de forragem abertura (kg)

MSab: teor de matéria seca na abertura (%)

MFfec: massa de forragem fechamento (kg)

MSfec: teor de matéria seca no fechamento (%)

2.7. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas da silagem

Antes da ensilagem foi retirada uma amostra da forragem e duas da silagem no momento da abertura.

As amostras da forragem fresca e uma das amostras da silagem foram pesadas e levadas para estufa de ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 horas. Após esse período as amostras foram novamente pesadas, moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem 1 mm e armazenadas em potes de plástico para análises posteriores.

Foram determinados os teores de MS, MM e PB segundo os métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de FDN e FDA foram avaliados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Na determinação da CEL foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994), enquanto os teores de LIG foram calculados por diferença entre FDA e CEL.

A amostra de silagem foi preparada, segundo a metodologia descrita por KUNG Jr. et al. (1984), para determinação do pH com o uso de peagâmetro digital. A concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) em relação ao nitrogênio total (NNH_3/NT) foi determinada mediante a destilação com hidróxido de potássio 2N conforme técnica descrita por FENNER (1965) adaptada por VIEIRA (1980).

2.8. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com 4 repetições. Os resultados foram analisados segundo o procedimento PROC REG do programa estatístico SAS[®] versão 9.00 (2002). As equações foram escolhidas em função do coeficiente de variação e determinação, buscando encontrar uma equação que melhor ajustasse e explicasse os resultados.

3. Resultados e discussão

A produtividade de matéria verde (PMV) apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), em função dos cortes, com produtividade passando de 57,67 a 40,19 t MV/ha, na planta avaliada aos 50 DAS e 106 DAS, respectivamente (Tabela 1). GUIMARÃES Jr. et al. (2005) avaliando diferentes cultivares de milho (CMS-1, BRS-1501 e BN-2), encontraram PMV de 12,35; 28,87; 29,22, 30,45 t MV/ha no milho cortado com 37; 52; 67 e 82 DAS, esses resultados permitem afirmar que, houve uma superioridade do híbrido usado nesse experimento, possivelmente devido às melhorias genéticas que promovem aumento de produtividade.

Tabela 1 - Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) referente à produção de matéria verde (PMV), matéria seca (PMS), folha (PFO), colmo (PCOL), espiga (PESP) e material senescente (PMSSEN) da planta de milho em diferentes estádios de maturação.

Variável	Equações	R^2
PMV	$PMV = 0,0029DAS^2 - 0,7582DAS + 88,431$	0,29
PMS	$PMS = - 0,0031 DAS^2 + 0,5967DAS - 14,856$	0,50
PFO	$PFO = - 0,0002DAS^2 + 0,0072DAS + 1,8537$	0,85
PCOL	$PCOL = 5,79$	-
PESP	$PESP = - 0,0028DAS^2 + 0,5315DAS - 19,247$	0,81
PMSSEN	$PMSSEN = 0,0005DAS^2 - 0,0466DAS + 1,1595$	0,91

O avanço da maturidade da planta de milho resultou em aumento ($P < 0,05$), na produção de matéria seca (PMS), com valores variando de 7,15 a 13,54 t MS/ha, para o milho avaliado 50 DAS e 92 DAS, respectivamente (Figura 1). Em estudo avaliando diferentes cultivares de milho (BRS 1501, BN 1 e Comum), AMARAL et al. (2008) encontraram valores médios de produção de MS da ordem de 7,5; 11,5 e 8,15 t MS/ha, para cortes realizados 70; 90 e 110 DAS, respectivamente, sendo que os resultados encontrados no presente estudo foram semelhantes. De acordo com dados do presente estudo (Tabela 1), a maior produtividade em 92 DAS pode ser explicada, pelo fato de que, justamente nesse

corte, houve a maior produção de espiga, 6,12 t MS/ha (Figura 1 e Tabela 1), componente que mais contribuiu para essa PMS, sendo que na produção de silagem, a PMS e a quantidade de grão na massa ensilada são extremamente importantes na qualidade final do produto.

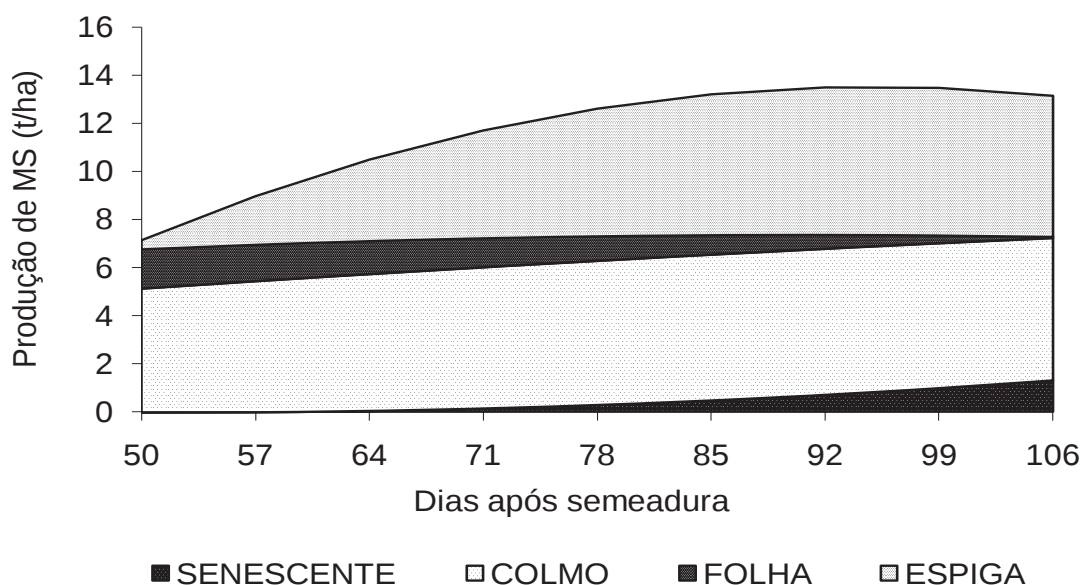


Figura 1 - Produção de colmo, folha, espiga e material senescente (t MS/ha) da planta de milho, híbrdo ADR 7010 em função dos dias após a semeadura (DAS).

A produção de folha em função dos cortes apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), conforme a Tabela 1 e Figura 1, apresentando diminuição da produtividade em função dos cortes. Esse comportamento de queda na produção de folha pode ser explicado pelo fato de que, com o avançar da maturidade fisiológica esse componente exporta nutrientes para outras frações da planta com maior demanda nutricional, como é o caso dos grãos, presentes na espiga da planta de milho (FERREIRA, 2001), fazendo com que a mesma entre em senescência.

A produtividade de colmo não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre os cortes, apresentando valor médio de 5,79 t/MS/ha. Apesar dessa fração

representar grande importância (WOLF et al., 1993) tanto para o aumento de MS produzida, quanto para sustentação da espiga (grãos), ele não é definidor de época de corte, pois apresentou produtividade semelhante entre os cortes.

A produtividade de espiga apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$) em função da maturidade da planta (Tabela 1), com valores de produtividade variando de 0,38 a 6,13 t/MS/ha, nos 50 DAS e 99 DAS, respectivamente. Após 99 DAS a produtividade começou a diminuir (Figura 1). A maior produtividade de espiga seria observada aos 94 DAS. De acordo com esses dados e com as condições edafo-climáticas durante o período experimental, o intervalo de 92 a 99 DAS seria o melhor ponto para ensilar o milho, pois, além de apresentar a maior PMS/ha nessa idade, o milho apresenta a maior produtividade de espiga, e consequentemente, de grãos, que influenciará na qualidade da silagem produzida, pois os grãos permitirão melhor fermentação da massa ensilada.

Em relação a produtividade de material senescente, essa apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$) (Tabela 1), com valores observados somente a partir do 5º corte (78 DAS) (Figura 1). Esse fato é resultado da grande mudança fisiológica da planta, que começa a fazer menos fotossíntese através das folhas, que diminuem com a maturidade da planta, fazendo com que as mesmas entrem em senescência.

O percentual de colmo variou de forma quadrática, sendo o menor valor observado 95 DAS (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) de cada componente da planta de milho em função da maturidade.

Componente	Equação de regressão	R^2
Folha	% Folha = $0,00390DAS^2 - 0,97422DAS + 60,40126$	0,94
Colmo	% Colmo = $0,01221DAS^2 - 2,31830DAS + 154,13249$	0,87
Espiga	% Esp = $- 0,01965DAS^2 + 3,66468DAS - 124,03958$	0,93
Mat. Sen.	% MSen = $0,00354 DAS^2 - 0,37205DAS + 9,49901$	0,90

A redução da porcentagem do colmo na planta de milho pode ser relacionada ao aumento proporcional de outros componentes, principalmente a espiga. ZOPOLLATO et al. (2009) também observou redução da participação de colmo na planta de milho com o avanço da maturidade, fato esse devido ao maior acúmulo de grãos na planta de milho com o decorrer do processo fisiológico de maturação.

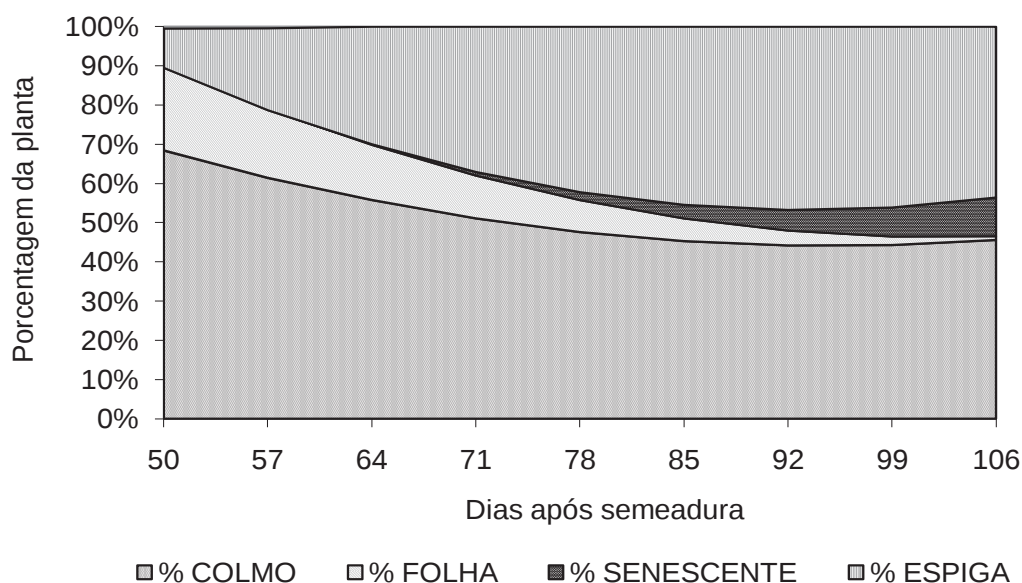


Figura 2 – Proporção de colmo, folha, espiga e material senescente do híbrido de milho ADR 7010 em função da época de corte (DAS).

A época de corte teve efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre o percentual de folhas na planta, passando de 21,44% para 0,95% nos cortes realizados 50 e 106 DAS, respectivamente. Pela equação (Tabela 2) pode-se estimar que o valor mínimo da porcentagem de folhas seria encontrado 125 DAS, esse valor é bem próximo a última colheita realizada nesse experimento (106 DAS), mostrando dessa forma, que o período experimental foi suficiente para acompanhar todo o ciclo fenológico da planta de milho. Com o aumento dos DAS, a planta passa por estádios vegetativos, reprodutivos e de senescência. Nesse sentido, a fração folha é o primeiro a ser afetado pela senescência, reduzindo sua participação com o

aumento dos DAS. Da mesma forma FANCELLI & DOURADO NETO (2000), relataram redução da proporção de folha com o avançar da idade na planta de milho, mostrando semelhança entre essas culturas.

O avanço da maturidade proporcionou aumento do percentual de espiga na planta (Figura 2). Esse aumento apresentou efeito quadrático, conforme observado na Tabela 2. Os valores percentuais de espiga variaram entre 10,07 a 46,79%, nos cortes realizados 50 e 92 DAS, respectivamente. O máximo valor de espiga foi observado no corte 93 DAS, o que permite dizer que levando em consideração somente o porcentual de espiga, e consequentemente de grãos, 93 DAS seria o momento ideal para colher o milheto ADR 7010, quando as características edafo-climáticas são semelhantes às do presente experimento, onde nessa fase de maturidade, a planta apresentava em torno de 30% de MS.

O aumento no percentual de material senescente foi observado somente a partir do corte realizado aos 78 DAS (Figura 2), apresentando efeito quadrático (Tabela 2), com valores variando de 2,02 (78 DAS) a 9,84% (106 DAS). Esse comportamento era esperado, pois, à medida que a planta se desenvolve ocorrem mudanças morfológicas, principalmente a formação de grãos, que necessita de alta concentração de nutrientes, proporcionando menor aporte de nutrientes para a folha, que terá menor taxa fotossintética, fazendo com que essa venha a entrar em senescência.

O teor de MS (MS) da planta aumentou ($P < 0,05$) com a maturidade, variando de 12,16 a 33,21% MS, nos cortes realizados aos 50 e 106 (DAS), respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Equações de regressão ajustadas e coeficiente de determinação (R^2) do teor de matéria seca de cada componente da planta de milheto em função da maturidade.

Componente	Equação de regressão	R^2
Planta Inteira	%MSPI= - 0,00544DAS ² +1,22459DAS - 35,47162	0,94
Folha	%MSFO = 0,1843DAS + 8,4771	0,63
Colmo	% MSCO= -0,00286DAS ² +0,60872DAS-9,80695	0,82
Espiga	% MESP= 1,3366DAS-49,02	0,97

Os valores observados, permitem afirmar que os teores de MS, deste híbrido de milheto, se encontra próximos aos valores considerados ideais para outras culturas como o milho e sorgo que é 32 a 35 %MS (ROSA et al., 2004), ou seja, em condições semelhantes ao local dessa pesquisa, o híbrido ADR 7010 apresenta valores desejáveis de MS para ensilagem (próximo a 30% MS), ou seja, a partir de 85 DAS.

O teor de MS do colmo aumentou ($P < 0,05$) com o avançar da maturidade da planta de milheto, de forma quadrática (Tabela 3), com teores variando de 13,48 até 22,58% nos cortes realizados 50 e 99 DAS, respectivamente. A espiga apresentou comportamento linear com relação aos dos teores de MS (Tabela 3), representando incremento diário de 1,34 unidades percentuais no teor de MS e as folhas também tiveram ajuste linear, porém com uma taxa diária (0,18), inferior a da espiga. As alterações nos teores de MS dos componentes da planta são provocadas pelo avanço no estágio de maturação da planta. Contudo, os efeitos sobre os componentes são de natureza antagônica, no caso do colmo e das folhas com o aumento do teor de MS, provavelmente ocorre redução do seu valor nutricional, já a espiga tem seu valor nutricional elevado, devido ao acúmulo do amido.

Com objetivo de compreender a participação de cada componente na formação do teor de MS, procedeu-se a distribuição do teor de MS da planta (Figura 3).

Nas primeiras colheitas o colmo e as folhas foram os componentes, que mais impactaram no teor MS da planta. Com o decorrer do amadurecimento a espiga aumentou sua participação, com a maior taxa de elevação entre todos os componentes. Na colheita aos 85 DAS a espiga passou a ter a mesma representação na composição do teor de MS que o componente colmo (Figura 3).

A inter-relação entre folhas e material senescente apresentou sua inversão entre a colheita dos 85 e 92 DAS, neste momento, pode-se afirmar que o material senescente passou a ter maior representatividade na formação do teor de MS da planta que as folhas verdes. Esses comportamentos podem ser atribuídos à

translocação de nutrientes dos componentes fotossinteticamente ativos para a deposição de amido nos grãos presentes na espiga da planta. Em plantas de milho, FANCELLI & DOURADO NETO (2000) relataram que antes do florescimento da planta com a mudança da relação fonte-dreno para a espiga, o crescimento do colmo cessa e, a partir deste estágio, as frações da planta, principalmente os grãos, acumulam MS, como resultado da translocação dos compostos sintetizados nas folhas e no colmo.

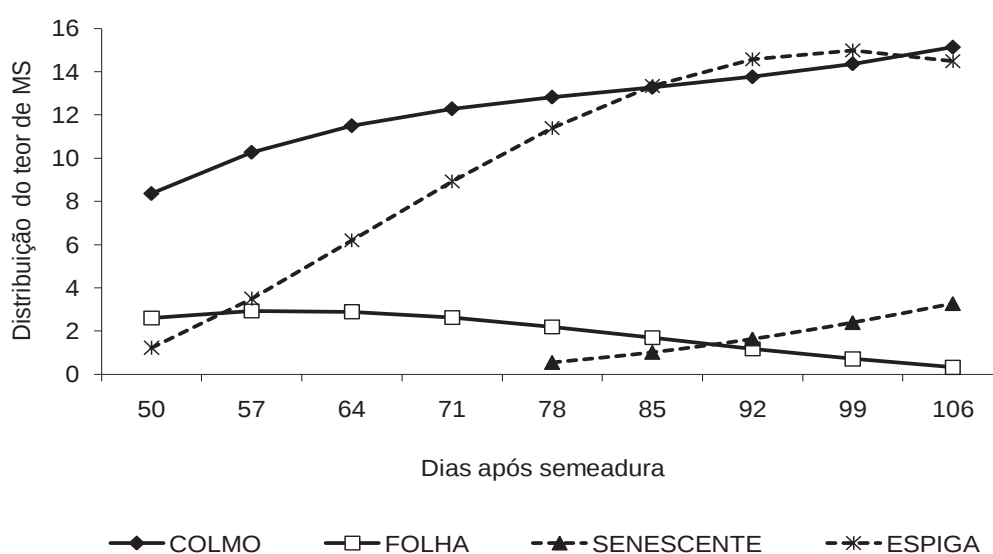


Figura 3 – Distribuição do teor de matéria seca dos componentes da planta de milho ADR 7010, obtido pela relação entre a porcentagem de matéria seca da planta e a porcentagem de cada componente em cada corte realizado.

O comportamento observado na composição química da planta de milho e suas respectivas frações estão expressos na tabela 4.

O avanço da maturidade resultou em aumento ($P < 0,05$) no teor de MS da planta (Tabela 4). O teor de MS da planta inteira variou de 12,16 a 33,21%, nos cortes realizados aos 50 e 106 (DAS), respectivamente. Esse fato comum a planta e suas frações podem ser explicadas pela maior perda de água pela planta à medida que o estágio de maturação avança, pois a planta está transportando os

nutrientes fotossintetizados das folhas para a espiga (grãos) até o momento em que ocorre a maturação fisiológica onde o transporte desse nutriente se finaliza e a partir desse momento a planta passa apenas a perder água.

Tabela 4 – Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) de cada componente da planta de milho em função da maturidade.

Componente	Equações de Regressão	R^2
Planta inteira		
MS, %	$\%MS = -0,00544 \text{ DAS}^2 + 1,22459 \text{ DAS} - 35,47162$	0,98
MM, %	$\%MM = 0,00183 \text{ DAS}^2 - 0,34215 \text{ DAS} + 22,37222$	0,66
PB, %	$\%PB = 0,00111 \text{ DAS}^2 - 0,23812 \text{ DAS} + 20,56409$	0,92
FDN, %	$\%FDN = 0,00193 \text{ DAS}^2 - 0,48037 \text{ DAS} + 88,28905$	0,71
FDA, %	$\%FDA = 0,00197 \text{ DAS}^2 - 0,43238 \text{ DAS} + 60,66428$	0,59
LIG, %	$\%LIG = 9,66$	-
CEL, %	$\%CEL = 0,00331 \text{ DAS}^2 - 0,59783 \text{ DAS} + 54,66436$	0,19
HEM, %	$\%HEM = -0,00003296 \text{ DAS}^2 - 0,04874 \text{ DAS} + 27,65589$	0,12
Folha		
MS, %	$\%MS = 0,00058784 \text{ DAS}^2 + 0,13096 \text{ DAS} + 7,81861$	0,93
MM, %	$\%MM = 0,00216 \text{ DAS}^2 - 0,37543 \text{ DAS} + 27,80186$	0,54
PB, %	$\%PB = 0,00093974 \text{ DAS}^2 - 0,26087 \text{ DAS} + 33,19410$	0,76
FDN, %	$\%FDN = 0,00482 \text{ DAS}^2 - 0,75050 \text{ DAS} + 85,44245$	0,19
FDA, %	$\%FDA = 0,00363 \text{ DAS}^2 - 0,48181 \text{ DAS} + 43,77329$	0,27
LIG, %	$\%LIG = 0,00279 \text{ DAS}^2 - 0,39482 \text{ DAS} + 19,95241$	0,46
CEL, %	$\%CEL = -0,00274 \text{ DAS}^2 + 0,46300 \text{ DAS} + 1,65804$	0,15
HEM, %	$\%HEM = 29,42$	-
Colmo		
MS, %	$\%MS = -0,00286 \text{ DAS}^2 + 0,60872 \text{ DAS} - 9,80695$	0,85
MM, %	$\%MM = 0,00079120 \text{ DAS}^2 - 0,13679 \text{ DAS} + 11,65782$	0,14
PB, %	$\%PB = 0,00237 \text{ DAS}^2 - 0,42362 \text{ DAS} + 22,55074$	0,84
FDN, %	$\%FDN = -0,00493 \text{ DAS}^2 + 0,72715 \text{ DAS} + 48,73272$	0,24
FDA, %	$\%FDA = -0,00520 \text{ DAS}^2 + 0,90695 \text{ DAS} + 10,37264$	0,31
LIG, %	$\%LIG = 9,19$	-
CEL, %	$\%CEL = -0,00562 \text{ DAS}^2 + 0,97446 \text{ DAS} - 1,05634$	0,33
HEM, %	$\%HEM = -0,00166 \text{ DAS}^2 + 0,08303 \text{ DAS} + 29,72401$	0,49

Tabela 4 – Continuação...

Componente	Equações de Regressão	R ²
Espiga		
MS, %	%MS= - 0,00723DAS ² + 2,35930DAS - 87,04973	0,97
MM, %	%MM = 4,67	-
PB, %	%PB= 0,00398DAS ² - 0,71592DAS + 41,93433	0,85
FDN, %	%FDN= 0,01658DAS ² - 2,67312DAS + 159,98402	0,38
FDA, %	%FDA= 0,00466DAS ² - 1,09530DAS + 78,85301	0,68
LIG, %	% LIG= - 0,00114DAS ² + 0,12439DAS + 3,42414	0,18
CEL, %	%CEL = 0,00810DAS ² - 1,58375DAS + 88,52825	0,67
HEM, %	%HEM = 29,95	-
Material Senescente		
MS, %	%MS= 0,00881DAS ² - 0,28863DAS - 12,34291	0,90
MM, %	%MM = -0,00254DAS ² + 0,70567DAS - 31,52638	0,74
PB, %	%PB= -0,00176DAS ² + 0,56566DAS - 26,27055	0,77
FDN, %	%FDN= -0,01471DAS ² + 3,74413DAS - 163,60301	0,74
FDA, %	%FDA= -0,00751DAS ² + 2,07350DAS - 92,62917	0,74
LIG, %	% LIG= -0,00034240DAS ² + 0,32510DAS - 17,25187	0,77
CEL, %	%CEL = -0,00856DAS ² + 1,91455DAS - 80,28273	0,68
HEM, %	%HEM = -0,00721DAS ² + 1,67097DAS - 70,97998	0,70

MS: matéria seca, MM: matéria mineral, PB: proteína bruta, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, LIG: lignina, CEL: celulose, HEM: hemicelulose.

O teor de proteína bruta (PB) da planta de milho apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) ocorrendo diminuição em função da maturidade da planta ($P < 0,05$), com valores variando de 11,43 a 7,80%, nos cortes realizados 50 e 106 DAS, respectivamente (Tabela 4). Essa redução é decorrente provavelmente da diluição provocada pelo aumento da proporção de grãos na planta, cujo principal componente é o amido. KOLLET et al. (2006) avaliando três variedades de milho submetidas a três idades de corte (35, 42 e 49 DAS), encontraram valores médios de PB de 19,33; 15,42 e 13,62%, respectivamente. Em estudo realizado em Brasília (DF), FRIZZO FILHO et al. (2006), encontraram valores médios de PB de 16,08; 14,90 e 11,67% para cortes aos 40; 50 e 60 DAS. Em estudo semelhante, porém utilizando milho, LEWIS et al. (2004), observaram reduções de 0,4 a 0,7

unidades percentuais no teor de PB na planta quando essa avançou de 28 para 42% de MS.

Os valores de FDN da planta inteira diminuíram ($P < 0,05$) em função da maturidade da planta, com valores variando de 69,10 a 59,06% nos cortes realizados 50 e 106 DAS, respectivamente (Tabela 4). Esse comportamento possivelmente pode ser explicado, pela maior porcentagem do componente espiga ao longo do tempo (Figura 2), o que provocou efeito de diluição nos teores de FDN da planta, outra explicação para esse fato, é o comportamento de produtividade de colmo (Tabela 1 e Figura 1) que não apresentou diferenças entre os cortes realizados, permitindo afirmar que, o aumento esperado na FDN que não foi observado nesse experimento, porém observado por outros autores (KOLLET et al. 2006), pode ser devido a falta de diferença de produtividade e a menor porcentagem de colmo em função da maturidade da planta, sendo que, o colmo é o componente que mais afeta o teor de FDN na planta. A FDN indica a quantidade da fração fibrosa do volumoso. Quanto menor o seu valor, melhor será a qualidade da silagem e maior será o consumo de MS pelos animais. De acordo com VAN SOEST (1994), valores altos de FDN podem interferir no consumo de MS pelo animal.

O teor de FDA na planta de milheto apresentou efeito quadrático (Tabela 4) apresentando uma diminuição de seus valores com o decorrer dos cortes, onde o maior teor foi observado no corte realizado 50 DAS (43,97%) e o menor teor no corte realizado 106 DAS (36,97%). Esses teores estão bastante próximos aos relatados na literatura, como aqueles reportados por MAIA et al. (2000), de 42,27% de FDA, na semeadura realizada em março. No entanto, esses teores não condizem com aqueles encontrados por KOLLET et al. (2006), onde os teores de FDA aumentaram de forma linear ($P < 0,05$) com as idades de corte (35; 42 e 49 DAS). Isso pode ser explicado, pelo fato de não ter havido diferença na produção de colmo e pela diminuição desse componente em função dos cortes, conforme discutido nos valores de FDN. Teores de FDA menores conferem a silagem maior digestibilidade, por estar intimamente ligada a lignificação da parede celular.

Devido às condições tropicais na qual se encontra o Brasil, uma maior produção de colmo e folha é observada, as quais conferem silagem com teor de FDA mais elevada, quando comparada com silagem produzida nos Estados Unidos, onde o clima é temperado, e conseqüentemente, o acúmulo de material fibroso é menor.

Os teores de celulose variaram de 33,05 a 27,68%, no corte realizado 50 e 92 DAS, respectivamente (Tabela 4). No presente estudo, o menor valor de celulose foi observado no corte realizado 92 DAS. A fração fibrosa da planta confere menor digestibilidade do material a ser ensilado, isso permite dizer que, menores teores dessa fração proporcionarão silagem de qualidade superior, sendo assim, o corte realizado 92 DAS confere silagem de milheto de maior valor nutritivo em função do teor de celulose, visto que o valor de 27,68% está próximo aos valores encontrados por JOBIM et al. (2006) que foi da ordem de 24,80% para silagem de milho no ponto de ensilagem.

Os teores de MM apresentaram comportamento quadrático (Tabela 4) em função da maturidade da planta, onde o maior teor foi observado no corte realizado 50 DAS (9,84%) e o menor teor no corte realizado 92 DAS (6,38%).

Os teores de lignina e hemicelulose não apresentaram diferenças ($P>0,05$) em função da maturidade da planta, apresentando teores médios de 9,66 e 23,64%, respectivamente (Tabela 1).

Na fração folha o teor de MS aumentou ($P<0,05$) com o avançar da maturidade da planta de milheto, de forma quadrática (Tabela 4), com valores variando de 15,84 até 28,31% nos cortes realizados 50 DAS e 99 DAS, respectivamente. De acordo com LOPES & MAESTRI (1981) esse comportamento de aumento de teores de MS é explicável devido às transformações governadas tanto pelas condições internas de crescimento da planta (composição morfológica e translocação de nutrientes), como pelas externas (temperatura e umidade).

Os teores de PB das folhas diminuíram ($P<0,05$) em função da maturidade da planta de milheto, com valores variando de 22,50 a 16,10% nos cortes realizados 50 e 106 DAS. Esse comportamento quadrático (Tabela 4) observado para essa variável pode ser explicado pela maior demanda de nutrientes para a

formação de grãos (espiga) com o avançar da maturidade da planta, outro fato que também explica essa diminuição do teor de PB, seria a menor porcentagem de folha encontrada com a maturidade da planta (Figura 2).

Os teores de FDN da fração folha da planta também apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) em função da maturidade da planta, onde os teores variaram de 56,23 a 60,06%, sendo o menor teor de FDN observado para corte realizado 78 DAS (56,23%). Esses resultados expressam que, mesmo observando diferenças entre os cortes, houve proximidade dos teores de FDN, ou seja, houve uma variabilidade da ordem de 3,83% entre os cortes, o que mostra que a fração folha apesar de ser importante no contexto de produtividade de massa, interfere pouco na qualidade nutricional do material em relação à época de corte, principalmente por se tratar de um órgão metabólico da planta.

Os teores de FDA da fração folha apresentaram efeito quadrático (Tabela 4) em função da maturidade da planta com teores variando entre 27,94 a 33,96% nos cortes realizados 64 e 106 DAS, respectivamente. Esses dados demonstram que, somente a fração folha, analisada isoladamente não representa bom indicativo de qualidade nutricional e não permite afirmar qual a melhor época de se ensilar o milheto, porém, quando analisado de forma mais completa utilizando outras variáveis, se torna variável de grande importância. O teor de FDA da folha da planta de milheto encontrado nesse experimento está bem próximo ao encontrado por MORAES et al. (2008) na planta de milho, os autores encontraram teores de FDA da ordem de 37,01; 37,66, e 34,49% no milho avaliado na maturidade 1/3 leitoso, 1/4 leitoso e camada preta, respectivamente.

O teor de lignina na folha apresentou efeito quadrático (Tabela 4) com valores variando entre 5,98 a 9,45% nos cortes realizados 71 e 106 DAS, respectivamente. Os dados encontrados no presente estudo estão acima dos encontrados por MORAES et al. (2008), que encontraram teores de lignina de 2,48; 4,59 e 5,00% no milho avaliado com 33,14; 38,09 e 42,05% de MS. Houve tendência para maiores teores de lignina da folha em cortes mais tardios, esse fato era esperado, pois com o passar do tempo ocorre a migração de carboidratos

não-estruturais para a porção espiga da planta, fazendo com que a folha aumentasse os carboidratos estruturais, entre eles a lignina.

O mesmo efeito quadrático (Tabela 4) foi encontrado nos teores de celulose, com variação de 17,96 a 21,22% nos cortes realizados 50 e 85 DAS, respectivamente. Esses dados estão próximos aos encontrados por MORAES et al. (2008), valores encontrados da ordem de 20% de celulose no milho avaliado em três diferentes pontos de maturação.

O teor de hemicelulose na fração folha da planta de milho não apresentou diferença ($P>0,05$), com valor médio de 29,42%.

Houve efeito quadrático ($P<0,05$) para o teor de matéria mineral (MM) da fração folha da planta de milho com valores variando de 11,50 a 14,43% nos cortes realizados 85 e 50 DAS, respectivamente. Esse maior valor encontrado no corte realizado 50 DAS pode ser explicado pela maior taxa fotossintética da planta nesse estágio.

Houve efeito quadrático ($P<0,05$) no teor de MS do colmo com o avançar da maturidade da planta de milho (Tabela 4), com teores variando de 13,48 até 22,58% nos cortes realizados 50 DAS e 99 DAS, respectivamente. Com a maturidade da planta ocorre uma mudança no local de deposição de nutrientes, com prioridade para formação de grãos, fazendo com que o componente colmo perca água e aumente seu teor de MS.

O teor de PB no colmo apresentou efeito quadrático (Tabela 4), variando entre 7,29 a 3,64% nos cortes realizados 50 DAS e 92 DAS, respectivamente. Essa redução do teor de PB do colmo em função dos cortes pode ser explicada pelo transporte de nutrientes desse componente para os grãos da espiga. Na planta, o nitrogênio está na forma de proteínas, que sofrem hidrólise pela ação das enzimas proteolíticas, sendo reduzidas a aminoácidos, os quais são transportados para os grãos (ZOPOLLATO, 2007). Os teores encontrados nesse experimento estão próximos aos valores encontrados por LEWIS et al. (2004) em plantas de milho avaliadas em diferentes pontos de maturação.

Os teores de FDN do colmo variaram ($P < 0,05$) de forma quadrática (Tabela 4) em função da maturidade da planta de milheto. Os teores de FDN aumentaram até o corte realizado 71 DAS, onde se registrou o maior valor de FDN (75,46%), após esse ponto o teor de FDN diminuiu. Em estudo realizado por ZEOULA et al. (2003), os teores de FDN do colmo variaram de 72 a 79% em plantas de milho avaliadas em diferentes maturidades (20,7 a 40,3% MS), os dados do presente estudo estão próximos aos citados acima, com teores de FDN no colmo variando entre 70,42 a 75,51%, nos cortes realizados 106 e 71DAS, respectivamente. Considerando os resultados obtidos neste experimento, é possível observar que a planta de milheto, especificamente a fração colmo apresenta menor teor de FDN do que a planta de milho, o que possivelmente proporcionará silagem de melhor qualidade nutritiva, quando o teor de umidade da planta estiver em nível adequado. De acordo com MENDES et al. (2008), o teor de FDN está correlacionado à degradabilidade da MS, que determina a quantidade de fibra da planta, correspondente às frações de celulose, hemicelulose e lignina. Sendo assim, devido à grande participação da fração colmo na planta de milheto (Figura 2 e Tabela 2) e sua correlação direta com o teor de FDN da silagem, é necessário, assim como o milho, programas de melhoramento genético que melhorem a qualidade da fração fibrosa da planta de milheto.

O teor de FDA da fração colmo da planta de milheto apresentou efeito quadrático (Tabela 4), com teores variando de 42,72 a 49,89% nos cortes realizados 50 e 85 DAS, respectivamente. Após esse corte houve uma tendência de estabilização dos teores de FDA. Os teores de FDA do colmo se tornam importante pelo fato desse componente apresentar alta correlação no valor nutritivo da silagem e compor grande parte da planta (Tabela 2 e Figura 2). Os dados encontrados nesse experimento, são semelhantes aos valores encontrados por MORAES et al. (2008) que trabalhando com milho encontraram teores de FDA do colmo variando entre 43,93 a 47,74% para avaliações feitas quando a planta apresentava 33,14 e 42,05% de MS, respectivamente.

Houve efeito quadrático (Tabela 4) dos teores de celulose e hemicelulose na fração colmo da planta de milho. Nos teores de celulose houve aumento ($P>0,05$) até o corte realizado 85 DAS, quando o teor dessa variável diminuiu e manteve-se constante. Os teores de celulose encontrados nesse experimento (33,62 a 41,17%) estão acima dos teores encontrados por MORAES et al. (2008) que encontraram teores de celulose do colmo de milho tipo dentado, variando de 25,73 a 30,41%, avaliado no ponto de corte 1/4 leitoso e na camada negra, respectivamente. Na variável hemicelulose foi observada redução ($P<0,05$) em função da maturidade da planta, com teores passando de 29,73 para 19,87% nos cortes realizados 50 e 106 DAS, respectivamente. Este fato pode ser relacionado ao aumento de outras frações fibrosas, como por exemplo, a celulose e a lignina que mesmo não apresentando diferença ($P>0,05$) apresentaram tendência de aumento em função dos cortes.

O teor de MM do colmo da planta de milho apresentou comportamento quadrático (Tabela 4) diminuindo ($P<0,05$) em função dos cortes até o corte realizado 85 DAS, quando o teor de MM apresentou pequeno aumento e estabilizou-se. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato da deposição de amido no grão aumentar com a maturidade, necessitando de mais mecanismos dependentes de minerais, proporcionando diminuição nessa variável na fração colmo.

A espiga apresentou comportamento linear dos teores de MS (Tabela 4), representando incremento diário de 1,34 unidades percentuais no teor de MS, esse aumento no teor de MS é explicado pela deposição de amido no grão que reduziu a quantidade de água na fração espiga.

O avanço da maturidade resultou em diminuição ($P<0,05$) do teor de PB na espiga da planta de milho que apresentou efeito quadrático (Tabela 4). Os teores de PB da fração espiga variaram de 16,09 para 9,76% nos cortes realizados 50 e 92 DAS, com tendência de estabilização. Esse maior teor de PB nos primeiros cortes na espiga foi devido à ausência de grãos totalmente formados. Após a formação completa dos grãos, que ocorreu a partir do 4º corte

(71 DAS) e 5º corte (78 DAS), o teor de PB tende a se estabilizar, pois ocorre a translocação de nitrogênio das demais partes da planta (colmo e folha) para os grãos ao longo do tempo (FLOSS, 2006).

Os teores de FDN da espiga apresentaram efeito quadrático (Tabela 4) em função da maturidade da planta, os quais variaram de 67,78 a 52,35% nos cortes realizados 50 e 75 DAS, com tendência de aumento após esse corte, possivelmente explicado, pela maior deposição de casca nos grãos presentes na espiga em cortes mais tardios. No entanto, cortes realizados entre 85 a 92 DAS apresentaram máxima porcentagem de espiga na planta com teor de FDN ideal para adequada produção de silagem. O mesmo comportamento de redução foi observado na FDA da espiga, que apresentou diminuição ($P<0,05$) de 35,74 para 15,11% nos cortes realizados com 50 e 106 DAS, respectivamente. A explicação para o elevado teor de FDA nos primeiros cortes se refere à ausência de grãos completamente formados o que elevou o teor de FDA, porém, quando houve maior contribuição de grãos (corte realizado 78 DAS) houve diminuição do teor de FDA da espiga, apresentando valores entre 15,11% (106 DAS) a 21,77% (78 DAS) com valores próximos aos encontrados por MORAES et al. (2008) que trabalhando com milho encontraram teores de FDA para a espiga variando entre 15,51; 21,12 e 20,18% no milho dentado com 34,24; 40,64 e 42,40% de MS.

O teor de lignina na fração espiga da planta de milheto apresentou comportamento quadrático (Tabela 4) com redução ($P<0,05$) no teor de lignina em função da maturidade da planta, com teores variando de 6,79 a 3,80% nos cortes realizados 50 e 106 DAS, respectivamente. Esse comportamento de redução dos teores de lignina em função da maturidade pode ser explicado pela diminuição observada também na variável FDA.

Houve efeito quadrático (Tabela 4) nos teores de celulose da espiga que apresentaram redução ($P<0,01$) de 29,59 para 11,13% nos cortes realizados 50 e 99 DAS, respectivamente. MORAES et al. (2008) trabalhando com milho grão duro avaliado em diferentes estádios de maturação encontraram diminuição no teor de

celulose em função desses estágios (20,34; 10,64, 10,32%), comportamento semelhante ao milheto estudado.

O teor de hemicelulose não diferiu ($P>0,05$) em função dos estágios de maturidade da planta, apresentando teor médio de 29,95% (Tabela 4).

Na variável material senescente todos os componentes químicos estudados apresentam efeito quadrático (Tabela 4), no entanto, de acordo com a figura 2, só foi observado material senescente a partir do corte realizado 78 DAS.

O teor de MS do material senescente aumentou em função da maturidade da planta, com teores variando de 18,74 a 56,05% nos cortes realizados 78 e 106 DAS, respectivamente. Esse comportamento era esperado, pois à medida que ocorre a maturação da planta ocorre maior demanda de nutrientes para a formação dos grãos, fazendo com que ocorra menor taxa fotossintética na folha, devido à menor incidência de luz nessa fração da planta, que apresenta função metabólica e vida útil determinada, o que consequentemente, provoca a senescência da mesma.

O teor de PB no material senescente também aumentou ($P<0,05$) em função dos cortes com teores variando de 7,14 a 13,91%, para os cortes realizados 78 e 106 DAS, respectivamente (Tabela 4). Esse aumento foi provavelmente devido à maior contribuição desse componente em função da maturação da planta (Figura 2) e pela presença de porções da lâmina foliar que mesmo sendo considerada senescente (mais de 50 % da folha em processo de senescência) apresentava partes fisiologicamente ativas e provavelmente presença de proteína.

O mesmo comportamento ($P<0,05$) foi observado para FDN que apresentou aumento de 38,94 (78 DAS) para 67,99% (106 DAS). Esse comportamento pode ser explicado pelo aumento dessa fração em função dos cortes e pela translocação de nutrientes não estruturais para a formação dos grãos.

Comportamento inverso foi observado no teor de FDA no material senescente da planta de milheto, que apresentou aumento ($P<0,05$) de 23,41 (78 DAS) a 42,78% (106 DAS) em função da maturidade da planta.

Os teores de lignina, celulose, hemicelulose também apresentaram aumento ($P < 0,05$) em função da maturidade da planta, com teores variando de 6,02 a 13,36%; 16,97 a 26,48%; 15,49 a 25,13% na lignina, celulose e hemicelulose, respectivamente, avaliados aos 78 e 106 DAS. Essas frações químicas da planta estão diretamente ligadas ao estágio fisiológico na qual a planta se apresenta, ou seja, com o aumento da proporção de espiga na planta, ocorre maior translocação de nutrientes de natureza não estrutural para formação dos grãos, fazendo com que frações da planta acumulem carboidratos estruturais comprometendo o valor nutritivo final da planta e, conseqüentemente da silagem a ser produzida.

Os dados referentes às perdas fermentativas, composição química, valores de pH e nitrogênio amoniacal da silagem de milho ensiladas em diferentes estádios de maturação estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Equações de regressão ajustadas, coeficiente de determinação (R^2) de variáveis analisadas de silagens de milho ensilada em diferentes épocas de corte.

Variável	Equações de Regressão	R^2
Ensilagem		
EFLU, Kg/MN	$EFLU = 0,0785DAS^2 - 13,859DAS + 609,09$	0,42
GASES, %	$GASES = 3,73$	-
RMS, %	$RMS = 96,32$	-
pH	$pH = 0,0003DAS^2 - 0,046DAS + 5,5131$	0,16
NNH₃/NT, %	$\%NNH_3 = 0,00188DAS^2 - 0,33757DAS + 22,00934$	0,44
MS, %	$MS = 0,3613DAS - 3,1234$	0,95
MM, %	$\%MM = 0,00204 DAS^2 - 0,37071 DAS + 22,45520$	0,77
PB, %	$\%PB = 0,00101DAS^2 - 0,20807 DAS + 18,95325$	0,86
FDN, %	$\%FDN = 0,00935DAS^2 - 1,63586 DAS + 125,93789$	0,46
FDA, %	$\%FDA = 0,00788 DAS^2 - 1,53193DAS + 108,60178$	0,83
LIG, %	$\%LIG = 7,67$	-
CEL, %	$\%CEL = 0,00565DAS^2 - 1,13290DAS + 83,17769$	0,76
HEM, %	$\%HEM = 0,00262DAS^2 - 0,19972DAS + 21,00177$	0,16

EFLU: perdas por efluentes; GASES: perda por gases; RMS: recuperação de matéria seca; NNH₃: nitrogênio amoniacal; MS: matéria seca, PB: proteína bruta, FDN: fibra em detergente neutro, FDA: fibra em detergente ácido, LIG: lignina, CEL: celulose, HEM: hemicelulose.

O teor de MS da silagem de milho apresentou comportamento linear crescente (Tabela 5), em função da maturação da planta (Figura 4).

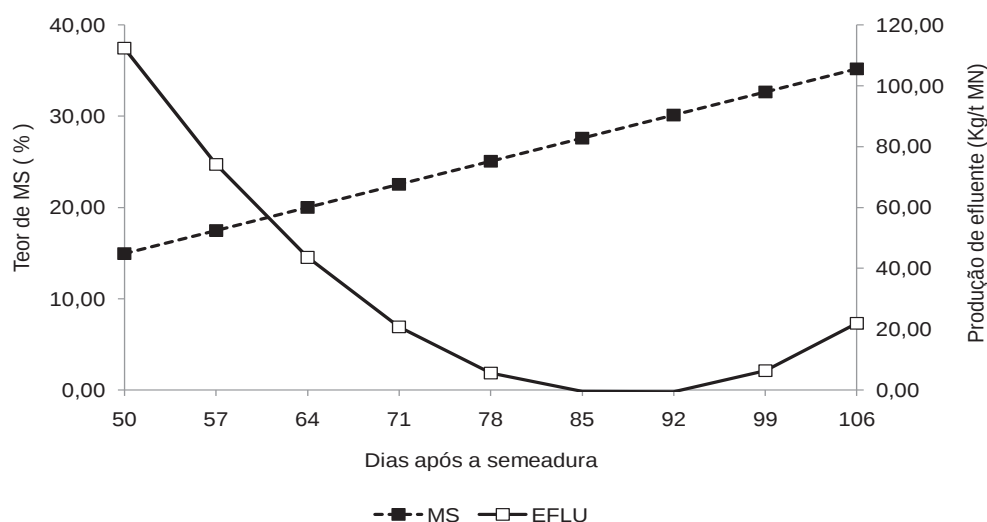


Figura 4. Variação dos teores de matéria seca (MS) e da produção de efluentes (kg/t MN) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura.

O teor de MS da silagem apresentou valores variando de 14,94 a 35,18% nas ensilagens realizadas aos 50 e 106 DAS, respectivamente. O teor de MS apresentou taxa de acúmulo diário de 0,36 unidades percentuais (Figura 1), comportamento este, semelhante ao observado por AMARAL et al. (2008) que encontraram teores médios de MS da silagem em torno de 21,34; 27,69 e 36,86%, no milho ensilado 70; 90 e 110 DAS, respectivamente. De acordo com HAIGH (1990), a concentração de MS desempenha papel fundamental na confecção da silagem por aumentar a concentração de carboidratos solúveis, facilitarem os processos fermentativos e diminuir a capacidade de ação das bactérias do gênero *Clostridium*.

A perda por efluentes apresentou efeito quadrático (Tabela 5) de acordo com a maturidade da planta. A menor perda de efluentes ocorreu com o milho ensilado 88 DAS (Figura 4).

O aumento do teor de MS da forragem favorece a fermentação, diminuindo a produção de efluentes, que deve ser minimizado quando se produz silagem, pois o efluente contém grande quantidade de compostos orgânicos como, por exemplo, açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, o que proporciona redução na qualidade do material final e agressão ao meio ambiente (McDONALD et al., 1991).

As perdas por gases não apresentaram diferenças ($P>0,05$), apresentando valor médio de 3,74%. Porém, o elevado teor de umidade pode estimular a perda por gases, já que em ambiente úmido ocorre o favorecimento o desenvolvimento de microrganismos (láticos e clostrídios), responsáveis por grandes perdas (WOOLFORD, 1984). Apesar de não haver diferença estatística nessa variável, a ensilagem realizada aos 79 DAS apresentou menor perda por gases, que pode ser explicado pelo teor de MS do material nesse corte (25,5%).

A recuperação de MS (RMS) não apresentou diferença ($P>0,05$) em função da maturação da planta, com teor médio de 96,33%. Porém, os valores absolutos de RMS da silagem aumentaram em função da maturidade da planta, variando de 91,07 a 100%, para a ensilagem realizada aos 64 e 78 DAS, respectivamente. Esse fato possivelmente pode ser explicado pelo maior teor de MS da planta que permitiria melhor fermentação e aumentaria a RMS, reduzindo as perdas.

Os teores de pH apresentaram efeito quadrático significativo (Tabela 5) (Figura 5), com teores de pH variando entre de 3,81 a 4,12, para as ensilagens realizadas aos 78 e 106 DAS, respectivamente.

Os menores teores de pH foram observados nas silagens confeccionadas aos 78 DAS, esse menor teor de pH encontrado é desejável, pois reduz a proteólise e inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis, melhorando a qualidade final da silagem e diminuindo as perdas. De acordo com RODRIGUEZ et al. (1999) silagens com valores de pH variando de 3,8 a 4,2, conforme aos encontrados nesta pesquisa, são consideradas próximos do ideal, pois refletem adequada fermentação da massa ensilada, promovendo silagem de qualidade nutricional superior.

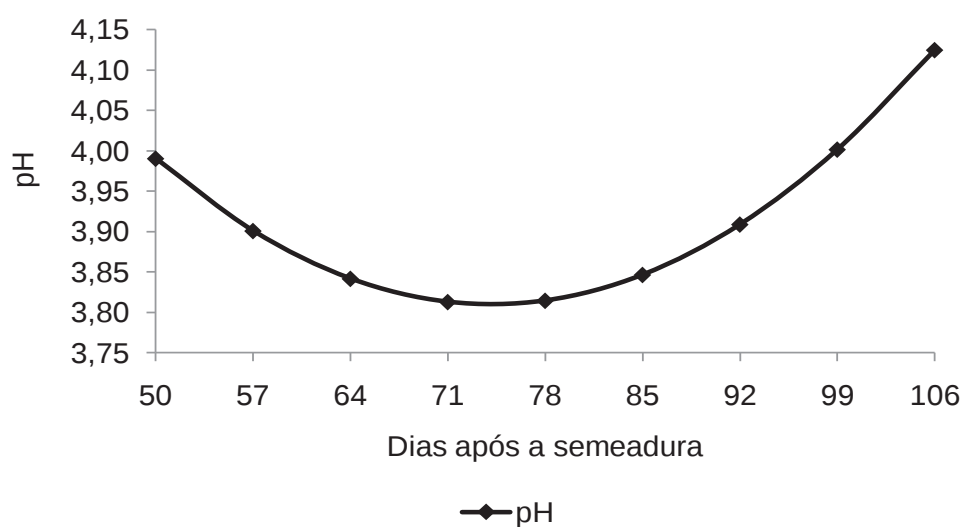


Figura 5. Variação dos teores de pH em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura.

Houve efeito quadrático da época de corte ($P < 0,05$) sobre os teores de PB na MS das silagens de milho ensiladas em diferentes pontos de maturação (Tabela 5).

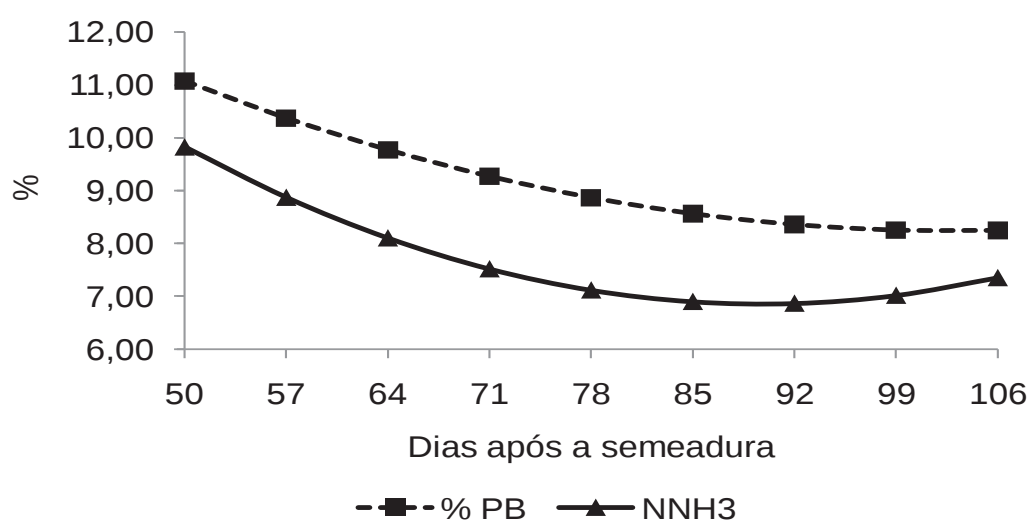


Figura 6. Variação dos teores de proteína bruta (PB) e nitrogênio amoniacal (NNH₃) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura.

Os teores de PB obtidos neste estudo são semelhantes aos relatados por outros autores, como 10,33% (ANDRADE & ANDRADE, 1982), 9,59 e 11,32% (ARAÚJO et al., 2007) e 10,14 e 8,21% (AMARAL et al., 2008).

Nas silagens, a extensão da degradação da proteína verdadeira varia com a espécie da planta, com a taxa de mudança do pH, com o conteúdo de MS e com a temperatura (McDONALD et al., 1991).

Houve comportamento quadrático ($P < 0,05$) das idades de corte sobre os teores de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) das silagens de milho, com os mesmos variando de 9,83 a 6,87% nos cortes realizados aos 50 e 92 DAS, respectivamente (Tabela 5 e Figura 6). É possível verificar (Figura 6) que os maiores teores de $N-NH_3$ foram encontrados nos primeiros cortes, época em que o milho ensilado estava com maiores teores de PB (Tabela 5), isso provavelmente pode ser explicado pela ocorrência da maior proteólise durante a fermentação do material. Segundo McGECHAN (1989), maiores teores de $N-NH_3$ indicam maior intensidade de proteólise, principalmente pela degradação de aminoácidos por clostrídeos proteolíticos.

Os teores de NNH_3 encontrados neste experimento estão de acordo com os limites recomendados por McDONALD & WITTEMBURG (1973), os quais não devem ultrapassar 12,5% do N total.

Houve diferença ($P < 0,05$) entre os teores de FDN e FDA das silagens em função da maturidade da planta de milho (Tabela 5), ocorrendo variação de 67,52 a 54,44% (Figura 7) na FDN de silagens ensiladas aos 50 e 85 DAS, respectivamente, enquanto que o FDA variou de 51,71 a 34,17%, nos cortes realizados aos 50 e 99 DAS, respectivamente.

Os resultados de FDN encontrados neste estudo estão próximos aos encontrados por PEREIRA et al. (1993) e PINTO et al. (1999) de 68,5%, e GUIMARÃES Jr. et al. (2001), de 62,0%. Os teores de FDA da silagem de milho encontrados neste estudo (Figura 7) estão próximos aos de AMARAL et al. (2008) que trabalhando com cultivares de milho ensilado com 70, 90 e 110 DAS encontraram teores médios de FDA de 39,51, 41,54 e 40,88%, respectivamente.

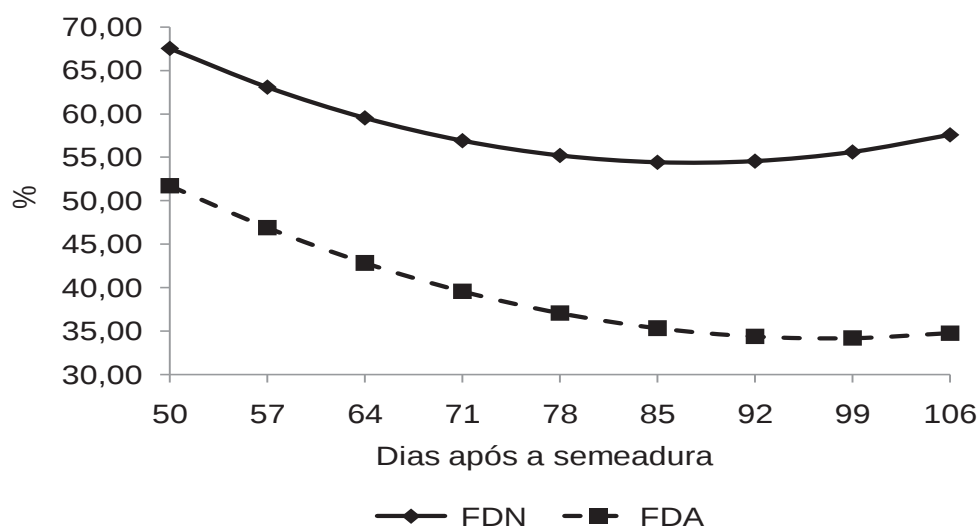


Figura 7. Variação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura.

Os teores de celulose e hemicelulose apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) em função da maturidade da planta (Tabela 5).

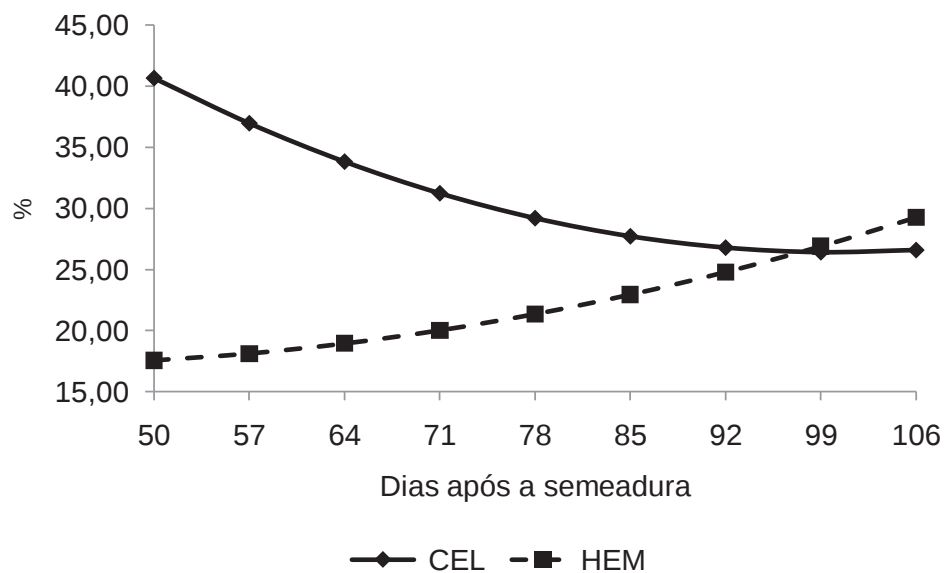


Figura 8. Variação dos teores de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) em silagens de milho, híbrido ADR 7010, em função dos dias após a semeadura.

Os teores de celulose variaram de 40,66 a 26,40% nos cortes realizados aos 50 e 99 DAS, respectivamente, enquanto que os teores de hemicelulose variaram de 17,57 a 29,27%, nos cortes realizados com 50 e 106 DAS, respectivamente (Figura 8).

A hemicelulose é o principal carboidrato estrutural hidrolisado, podendo ser quebrada por hemicelulases de origem microbiana da planta ou mesmo por ação de ácidos, sendo o último o de maior importância (PETTERSON & LINDGREEN, 1990; McDONALD et al., 1991).

Os teores de lignina não apresentaram diferença estatística ($P > 0,05$) entre os cortes realizados, e o seu teor médio foi de 7,67% (Tabela 5).

Os teores de MM apresentaram efeito quadrático (Tabela 5) em função da maturidade da planta, com teores variando de 9,02 a 5,62% no milho ensilado aos 50 e 92 DAS, respectivamente.

4. Conclusões

Em função das características de produtividade, composição morfológica, teor de MS da planta e de seus componentes, além de características sobre perdas fermentativas e composição química da silagem, os intervalos entre 85 e 99 dias após a semeadura constitui-se a faixa ideal para ensilar o milho ADR 7010.

5. Referências bibliográficas

AMARAL, P. N. C. do; EVANGELISTA, A. R.; SALVADOR, F. M. et al. Produção e qualidade da silagem de três cultivares de milheto. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 611-617, 2008.

ANDRADE, J. B. & ANDRADE, P. Produção de silagem do milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Schum). **Boletim da Indústria Animal**, N. Odessa, 39(2):155-165, 1982.

ARAÚJO, V.L.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** Belo Horizonte, v. 59, n.1, p.168-174, 2007.

FANCELLI, AL.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FERREIRA, J.J. Características qualitativas e produtivas da planta de milho e sorgo para silagem. In: CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; RODRIGUES, J.A.S. et al. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. p.383-404.

FENNER, H. Methods for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.48, p.249, 1965.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo que está por trás do que se vê. 2 ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo fundo, 2006. cap.2, p.45-113.

FRIZZO FILHO, O.; LEITE, G. G.; SAN DIOGO, J.M. da, RAMOS, A.K.B. Produtividade e composição química de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.) em diferentes idades de corte visando a fenação. **Pasturas Tropicais**, Dezembro, v.28, n.3, 2006.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.; RODRIGUES, J. A. S. et al. matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.251-258, 2005.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.; RODRIGUES, J. A. S. Consumo e digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta das silagens de três genótipos de milheto (*Pennisetum glaucum*) NPM-1, BRS-1501, CMS-3 em ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 1096-1097.

HAIGH, P. M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 263-271, Sept. 1990.

JOBIM, C. C. et al. Desempenho animal e viabilidade econômica do uso da silagem de capim-elefante em substituição a silagem de milho para vacas em lactação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 28, n. 2, p. 137-144, 2006.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; SILVA, J.M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE MILHETO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1999, p.97-103.

KOLLET, J.L.; DIOGO, J.M.S; LEITE, G. G. Rendimento forrageiro e composição bromatológica de variedades de milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1308-1315, 2006.

KUNG Jr., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.299-306, 1984.

LEWIS, A.L.; COX, W.J.; CHERNEY, J.H. Hybrid, maturity and cutting height interactions on corn forage yield and quality. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.1, p.267-274, 2004.

LOPES, N.F.; MAESTRI, M. Crescimento, morfologia, partição de assimilados e produção de matéria seca do milho (*Zea mays* L.) cultivado em três densidades populacionais. **Revista Ceres**, v.28, n.157, p.268-288, 1981.

MAIA, M. C.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R. Concentração de fibras (FDN e FDA) e minerais de cultivares de milheto em sucessão à cultura de feijão no sul de Minas Gerais. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 1, n. 1, p. p. 23-29, jan./jun. 2000.

McDONALD, P.; HERDERSON; A.R., HERON; S.J.E. In: **The biochemistry of silage**. 2.ed. Malow:Chalcombe Publications, 1991. p.167-249.

McDONALD, P.; WHITTENBURY, R. The ensilage process. In: BUTLER, G. W.; BAILEY, R. W. **Chemistry and Biochemistry of Herage**. London: Academic, 1973. v. 3, p. 33-60.

McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage: storage losses. **Journal Agricultural Engineering Research**, v.45, p.1-30, 1989.

MENDES, M. C.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N. et al. Avaliação de híbridos de milho obtidos por meio de cruzamento entre linhagens com diferentes degradabilidades da matéria seca. **Bragantia: Instituto Agrônômico de Campinas**, Campinas, v.67, n.2, p.285-297, 2008.

MORAES, G. J.; COSTA, C.; MEIRELLES, P.R.L. Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho textura dentada ou dura em três estádios de colheita para silagem. **Boletim da Indústria Animal**, N. Odessa, 65(2):155-166, 2008.

NUSSIO, L.G.; SIMAS, J.M.C.; LIMA, M. M. Determinação do ponto de maturidade do milho para silagem. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2001, Piracicaba. 1ed. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2001. v. 1. p.11-26.

PEREIRA, O.G., OBEID, J.A., GOMIDE, J.A. et al. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.1, p.31-38, 1993.

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.

PINTO, J. C.; CHAVES, C. A. dos S, PÉREZ, J. R. O. et al. Valor nutritivo das silagens de Capim-Sudão, Milheto, Teosinto e Milho. 1- Consumo e digestibilidade aparente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p.980-986, 1999.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W. P. T.; THEANDER, O. (Ed.) **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981, p.123-158.

RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I – pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** Belo Horizonte, vol.51, n.5, 1999.

ROSA, J.R.P.; RESTLE, J.; SILVA, J.H.S. et al. Avaliação da silagem de diferentes híbridos de milho (*Zea mays* L.) por meio do desempenho de bezerros confinados em fase de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1016-1028, 2004.

SAS Institute. **SAS User's Guide. Statistics**, Version 9.00 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC, 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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

VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídeos em rações para ruminantes**. 1980. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1980.

ZOPOLLATTO, M. **Avaliação do efeito da maturidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem sobre a produtividade, composição morfológica e valor nutritivo da planta e seus componentes**. 2007. 210f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

ZOPOLLATTO, M., NUSSIO, L. G., MARI, L.J. et al. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.452-461, 2009.

ZEOULA, L.M.; BELEZE, J.R.F.; CECATO, U. Avaliação de Cinco híbridos de Milho (*Zea mayz*, L.) em diferentes estádios de maturação. 4. Digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e fibra em detergente neutro da porção vegetativa e planta Inteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32. n 3, p. 567-575, 2003.

WERNER, J.C.; PAULINO, V.T.P.; CANTARELLA, H. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. p.263-273. (Boletim Técnico, 100).

WOLF, D.P.; COORS, J.G.; ALBRECHT, K.A. et al. Agronomic evaluations of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. **Crop Science**, v.33, p.1359-1365, 1993.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

CAPÍTULO 3 - PERFIL DE FERMENTAÇÃO, ESTABILIDADE AERÓBIA E QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHETO ENSILADO COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS E UTILIZAÇÃO DE INOCULANTE BACTERIANO

RESUMO – Objetivou-se avaliar algumas características fermentativas e a estabilidade aeróbia da silagem de milho ensilado com diferentes tamanhos de partículas e utilização de inoculantes bacteriano. Os tratamentos foram silagem de milho tamanho de partícula pequena (5 mm) e partícula grande (20 mm) com e sem inoculante bacteriano avaliados com 0; 4; 7; 14; 28; 45 e 90 dias de fermentação, com três repetições por tratamento. No experimento de estabilidade aeróbia as silagens foram avaliadas após 4; 8 e 12 dias de exposição aeróbia (DEA). Houve redução no teor de MS e na recuperação de MS em função dos dias de armazenamento, somente no tratamento onde as silagens foram confeccionadas com tamanho de partícula grande (20 mm) com inoculante, não observando diferença ($P>0,05$) nos demais tratamentos. A produção de efluente aumentou em função dos dias de armazenamento, para as silagens confeccionadas com tamanho de partícula pequena (5 mm). A produção de gases aumentou em função do período de armazenamento, com maiores valores observados nas silagens inoculadas, no armazenamento de 90 dias. Somente o tratamento com tamanho de partícula grande (20 mm) com inoculante apresentou variações nos teores de MS e PB. O teor de nitrogênio amoniacal aumentou em função dos dias de armazenamento, com menores teores observados para silagens que tiveram a presença de inoculante. Os valores de pH apresentaram efeito cúbico com redução dos valores até 28 dias de armazenamento, com posterior aumento e tendência de estabilização. As frações fibrosas apresentaram comportamentos semelhantes entre os tratamentos com reduções até a estocagem em condições anaeróbicas de 45 dias, com menores teores observados para silagens confeccionadas com tamanho de partícula de 5 mm. Na avaliação da estabilidade aeróbia observou-se efeito ($P<0,05$) positivo nas variáveis

estabilidade (EST) e tempo para atingir a temperatura máxima (TTM) para silagens com tamanho de partícula pequena (5 mm). Com relação à presença ou não de inoculante, foi observado efeito significativo em todas as variáveis analisadas, quando as silagens tiveram a presença de inoculante. Silagens de milho com tamanho de partícula pequena apresentaram menores perdas e alterações fermentativas e nutricionais do que silagens com tamanho de partícula grande. O inoculante bacteriano foi eficaz somente nas silagens com tamanho de partícula pequena, sendo dispensável seu uso em silagens com partículas grandes.

Palavras-chave: ensilagem, estabilidade, fermentação, inoculante bacteriano, tamanho de partícula

1. Introdução

Em função de suas características de rusticidade e adaptabilidade a solos de baixa fertilidade, o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) é considerado cultura de grande potencial para produção de silagem, principalmente quando utilizado em regiões sujeitas a veranicos ou em plantios de safrinha. A produção de silagem de milheto pode substituir o milho e o sorgo com ganhos em produtividade e qualidade quando cultivados em safrinha ou tardiamente (KICHEL et al., 1999), sendo assim, são boas as perspectivas para o cultivo do milheto para produção de silagem no Brasil.

Apesar das perspectivas do uso do milheto em forma de silagem serem boas, o seu uso ainda é pouco conhecido e bastante discutido, pois fatores como, tamanho ideal de partículas para ensilar e os verdadeiros benefícios da inoculação por bactérias na ensilagem do milheto, ainda são bastante controversos.

O aumento artificial da quantidade inicial de bactérias produtoras de ácido láctico, proporcionados por microrganismos do tipo homolático, como o *Lactobacillus plantarum*, os quais convertem açúcares em ácido láctico, irão promover uma redução do pH da massa ensilada (McDONALD et al., 1991), inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis, evitando que perdas fermentativas ocorram na silagem, resultando em silagens de melhor qualidade (BOLSEN et al., 1995).

As bactérias heterofermentativas, caracterizadas pelo *Propionibacterium acidipropionici*, além da capacidade de converterem os carboidratos solúveis, principalmente em lactato, CO₂ e acetato (HENDERSON, 1993), são utilizados com o propósito de controlar a ação das leveduras e fungos filamentosos durante a anaerobiose, devido à ação do acetato, que inibe o desenvolvimento de fungos e leveduras, aumentando a estabilidade aeróbia, segundo McDONALD et al., (1991), essas bactérias são capazes de metabolizar açúcares solúveis e ácido láctico produzindo ácido acético e propiônico.

A associação das bactérias *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici*, pode além de acelerar a produção de lactato, reduzir o pH da massa ensilada, reduzindo a susceptibilidade à deterioração aeróbia por microrganismos oportunistas (DRIEHUIS et al., 2002), no entanto, há controvérsias sobre esses benefícios, conforme relatou KUNG Jr. et al. (2003).

Outro fator que define a qualidade final da silagem é o tamanho da partícula ensilada. McDONALD et al., (1991), observaram que o tamanho de partícula inferior a 20 mm, pode atuar positivamente na disponibilidade de carboidratos solúveis, estimulando o crescimento principalmente de bactérias lácticas, melhorando a fermentação, levando a maior produção de lactato. Por outro lado, silagens confeccionadas com tamanho de partículas grandes dificultam a compactação e promovem fermentações indesejáveis (EVANGELISTA et al., 2004).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi comparar as perdas e as alterações fermentativas e nutritivas de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e tratadas ou não com inoculante bacteriano durante a fermentação.

2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Pólo Regional do Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana – Colina, SP.

2.1. Ensilagem

O híbrido de milho utilizado foi o ADR 7010 (Sementes Adriana), plantado em janeiro de 2009, e a colheita foi realizada em abril de 2009, aos 75 dias de crescimento por ensiladora do modelo JF 192 Z6[®], com produção média de 46,4 toneladas de matéria verde/ha.

Os tamanhos de partícula foram obtidos pela alteração das engrenagens da ensiladora, sendo que as regulagens utilizadas preconizavam cortes de 5 mm (tamanho de partícula pequena) e 20 mm (tamanho de partícula grande), ou seja, menor e maior corte possível da máquina.

O inoculante utilizado foi o BIOMAX[®] MILHO (Lallemand Nutrition[®]), caracterizado como um aditivo para fermentação de silagem, na forma de pó desidratado, com nível de garantia de 20 bilhões de unidades formadoras de colônia (UFC), constituído de *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici*, sendo o primeiro microrganismo uma bactéria homolática e o segundo uma bactéria heterolática. O inoculante foi diluído em água destilada, aplicando-o uniformemente sobre a forragem e homogeneizando-a, visando alcançar 105 UFC/g de forragem de cada microrganismo, conforme recomendações do fabricante do produto. Para evitar contaminação, foram ensilados, na sequência, os tratamentos sem adição de inoculante e posteriormente os tratamentos designados com inoculante.

Após a picagem do material e a inoculação com o aditivo, o material foi acondicionado em baldes e os tratamentos avaliados em diferentes tempos de armazenamento (4; 7; 14; 28; 45 e 90 dias) em condições de anaerobiose, para

cada tempo foram confeccionados 3 silos por tratamento, totalizando 72 baldes experimentais.

Os silos experimentais utilizados foram baldes de plástico com capacidade de 20 L, vedados com tampa e fita adesiva e no fundo dos silos foram colocados 6 kg de areia seca, separada da forragem por um tecido de náilon, para quantificação do efluente produzido. A ensilagem foi realizada com auxílio de bastões de ferro, alcançando a massa específica média de 709,5 e 650,5 kg de matéria natural (MN)/m³ nas silagens de tamanho de partícula com 5 e 20 mm, respectivamente.

2.2. Amostragens e avaliações químico-bromatológicas

Foi retirada amostra da forragem antes da ensilagem e duas da silagem no momento da abertura que foram congeladas para determinação do pH e nitrogênio amoniacal. As amostras da forragem fresca e uma das amostras da silagem foram pesadas e levadas para estufa de ventilação forçada de ar a 55°C durante 72 horas. Após esse período as amostras foram novamente pesadas, moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem 1 mm e armazenadas em potes de plástico para análises posteriores.

Para determinações dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) utilizaram-se os métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Na determinação da celulose (CEL) foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994), os teores de lignina (LIG) foram calculados por diferença entre FDA e celulose.

Após as amostras de forragem e silagem terem sido descongeladas, preparou-se o extrato aquoso descrito por KUNG Jr. et al. (1984), utilizando 25g de amostra de forragem e silagem e, 225 mL de água destilada, as quais foram processadas em liquidificador, obtendo-se o extrato aquoso o qual foi medido o

valor de pH em peagâmetro digital. A concentração de N-NH₃ em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT) foi determinada mediante a destilação com hidróxido de potássio 2N conforme técnica descrita por FENNER (1965) adaptada por VIEIRA (1980).

2.3. Determinações das perdas

Decorridos o período previsto 4; 7; 14; 28; 45 e 90 dias de fermentação os silos foram novamente pesados, para determinação das perdas por gás e abertos. A determinação da perda por gases (GASES) foi calculada pela seguinte fórmula:

$GASES = (PSI - PSF) / MSI * 100$, sendo:

GASES: produção de gases (%),

PSI: peso do silo no momento da ensilagem (kg),

PSF: peso do silo no momento da abertura (kg),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) * % MS)

Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia e tecido de náilon foram pesados para quantificação do efluente produzido. A determinação da perda por efluentes (EFLU) foi calculada pela equação abaixo:

$EFLU = (Pab - Pfec) / MFfec * 1000$, sendo:

EFLU: produção de efluente (kg ton/matéria natural),

Pab: peso do conjunto (balde+areia+tecido+tampa) na abertura (kg),

Pfec: peso do conjunto (balde+areia+tecido+tampa) no fechamento (Kg),

MFfec: Massa de forragem fechamento (kg)

O índice de recuperação de MS (RMS) foi obtido através da diferença de peso obtido pela pesagem da massa de forragem no momento da ensilagem e da

abertura, e seus respectivos teores de MS. A determinação da RMS foi obtida pela equação abaixo:

$RMS = (MF_{ab} * MS_{ab}) / (MF_{fec} * MS_{fec}) * 100$, sendo:

RMS: índice de recuperação de matéria seca (%),

MF_{ab}: massa de forragem abertura (kg)

MS_{ab}: teor de matéria seca na abertura (%)

MF_{fec}: massa de forragem fechamento (kg)

MS_{fec}: teor de matéria seca na fechamento (%)

2.4. Avaliação da estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos referente a 90 dias de fermentação, a silagem de cada silo foi amostrada e colocada em 3 novos baldes com capacidade de 18 litros e estes foram pesados e armazenados em uma sala a temperatura ambiente, para avaliação após 4; 8 e 12 dias de exposição aeróbia (DEA). Decorridos os DEA os baldes foram novamente pesados, a massa homogeneizada e retiradas amostras para a medida de pH e determinação MS em estufa, para determinação da recuperação de MS, nos diferentes DEA. As temperaturas do ambiente e das silagens na pós-abertura foram mensuradas a cada meia hora por meio de equipamento de datalogger espalhados pela sala e inserido no meio da massa ensilada.

A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto em horas, para a massa de forragem elevar em 2°C a temperatura acima daquela do ambiente (KUNG Jr. et al., 1998). Os somatórios dos acúmulos de temperatura diária foram calculados através do somatório da diferença entre a temperatura da massa e do ambiente após 4; 8 e 12 dias de exposição aeróbia. Também foi avaliado o tempo em horas gasto para atingir a maior temperatura da massa e a maior diferença de temperatura entre a massa e o ambiente (O'KIELY, 1999). Após 4; 8 e 12 dias de

exposição ao ar foram retiradas amostras para a medida de pH das silagens, conforme relatado no item 2.2.

2.5. Delineamento experimental e análise estatística

No experimento de perfil de fermentação o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial ($2 \times 2 \times 7$), sendo o primeiro fator o tamanho da partícula (pequena e grande), o segundo o inoculante (sem ou com) e o terceiro os períodos de armazenamento (0; 4; 7; 14; 28; 45 e 90), com três repetições para cada tratamento. Os resultados foram analisados segundo o procedimento PROC REG do programa estatístico SAS[®] versão 9.00 (2002). As equações foram escolhidas em função do coeficiente de variação e determinação, buscando encontrar uma equação que melhor explicasse os resultados.

Na estabilidade aerobia, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três repetições em esquema fatorial (2×2), sendo dois tamanhos de partículas e utilização ou não de inoculante bacteriano. Os resultados foram analisados segundo o procedimento PROC GLM do programa estatístico SAS[®] versão 9.00 (SAS 2002) e as médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o LSMEANS e a comparação, por meio da probabilidade da diferença (PDIFF) pelo teste t de Student, a 5% de probabilidade.

3. Resultados e discussão

Todas as silagens apresentaram odor agradável, coloração verde parda, textura firme e ausência de partes mofadas.

Na Tabela 1 estão apresentadas as equações de regressão ajustadas e seus coeficientes de determinação das variáveis analisadas nesse estudo.

Tabela 1. Equações de regressão ajustadas e coeficientes de determinação de parâmetros avaliados em silagens de milho, tamanho de partícula pequena ou grande e tratada ou não com inoculante bacteriano durante o armazenamento.

Variáveis ¹	Partícula Pequena Sem inoculante	Partícula Pequena Com inoculante	Partícula Grande Sem inoculante	Partícula Grande Com inoculante
MS	Y = 23,93	Y = 24,49	Y = 22,25	Y = 0,0001x ² - 0,0281x + 22,7449 (R ² = 0,33)
EFLU	Y = 0,0015x ² - 0,0994x + 3,8389 (R ² = 0,40)	Y = 0,0002x ² + 0,0149x + 2,8729 (R ² = 0,42)	Y = 2,69	Y = 2,99
GASES	Y = -0,00047x ² + 0,0513x + 0,6266 (R ² = 0,78)	Y = -0,0003x ² + 0,0478x + 0,7298 (R ² = 0,72)	Y = -0,0005x ² + 0,054x + 1,0898 (R ² = 0,59)	Y = -0,00005x ² + 0,0307x + 1,173 (R ² = 0,64)
RMS	Y = 95,80	Y = 96,43	Y = 95,24	Y = 0,0009x ² - 0,1627x + 99,6329 (R ² = 0,41)
PH	Y = -0,00002926x ³ + 0,00415x ² - 0,15004x + 5,12884 (R ² = 0,51)	Y = -0,00002683x ³ + 0,00379x ² - 0,13701x + 4,99089 (R ² = 0,52)	Y = -0,00002917x ³ + 0,00411x ² - 0,14653x + 5,12836 (R ² = 0,53)	Y = -0,00002867x ³ + 0,00409x ² - 0,14902x + 5,12223 (R ² = 0,56)
NNH3	Y = -0,0007x ² + 0,1098x + 4,2826 (R ² = 0,65)	Y = -0,0008x ² + 0,1235x + 3,5 (R ² = 0,65)	Y = -0,0006x ² + 0,1053x + 4,4176 (R ² = 0,81)	Y = -0,00081x ² + 0,1228x + 4,1207 (R ² = 0,89)
PB	Y = 9,06	Y = 9,19	Y = 8,71	Y = -0,00003x ³ + 0,004x ² - 0,1177x + 9,1569 (R ² = 0,56)
FDN	Y = 0,0021x ² - 0,27687x + 58,67471 (R ² = 0,44)	Y = 0,0019x ² - 0,2442x + 58,1867 (R ² = 0,41)	Y = 0,0036x ² - 0,3925x + 63,9395 (R ² = 0,75)	Y = -0,0001x ³ + 0,019x ² - 0,6888x + 60,2076 (R ² = 0,36)
FDA	Y = 0,00185x ² - 0,21525x + 35,002 (R ² = 0,40)	Y = 0,0041x ² - 0,20445x + 34,698 (R ² = 0,32)	Y = 0,0028x ² - 0,2527x + 37,9349 (R ² = 0,54)	Y = 33,49
LIG	Y = 7,33	Y = 7,59	Y = 7,50	Y = 7,17
CEL	Y = 0,00195x ² - 0,1955x + 27,37102 (R ² = 0,19)	Y = 0,0021x ² - 0,1817x + 26,3064 (R ² = 0,36)	Y = 0,0034x ² - 0,2796x + 30,0153 (R ² = 0,59)	Y = 26,31
HEM	Y = 0,0007x ² - 0,1077x + 24,2153 (R ² = 0,41)	Y = -0,0005x ² - 0,0397x + 23,4837 (R ² = 0,62)	Y = 0,0008x ² - 0,1399x + 26,0068 (R ² = 0,44)	Y = -0,0366x + 23,5101 (R ² = 0,20)
MM	Y = 6,37	Y = 6,57	Y = -0,0004x ² + 0,0425x + 6,1908 (R ² = 0,26)	Y = -0,00003x ³ + 0,0047x ² - 0,1514x + 7,7369 (R ² = 0,48)

MS: matéria seca (%), EFLU: produção de efluente (kg/t matéria natural), GASES: perdas por gases (%MS), RMS: recuperação de matéria seca (%), PH: potencial hidrogeniônico, NNH3: nitrogênio amoniacal (%), PB: proteína bruta (%MS), FDN: fibra em detergente neutro (%), FDA: fibra em detergente ácido (%), LIG: lignina (%), CEL: celulose (%), HEM: hemicelulose (%), MM: matéria mineral (%).

Durante o período de armazenamento, os teores de MS reduziram (P<0,05) somente no tratamento em que o milho foi ensilado com tamanho de partícula grande com inoculante (Tabela 1). Comparando-se os valores na ensilagem (22,74%) com o valor após 90 dias de armazenamento (21,03%), observa-se

redução pequena nos teores de MS (Figura 1). Essa mesma tendência de redução foi observada para os demais tratamentos, porém para esses não foram encontrados diferenças estatísticas ($P>0,05$).

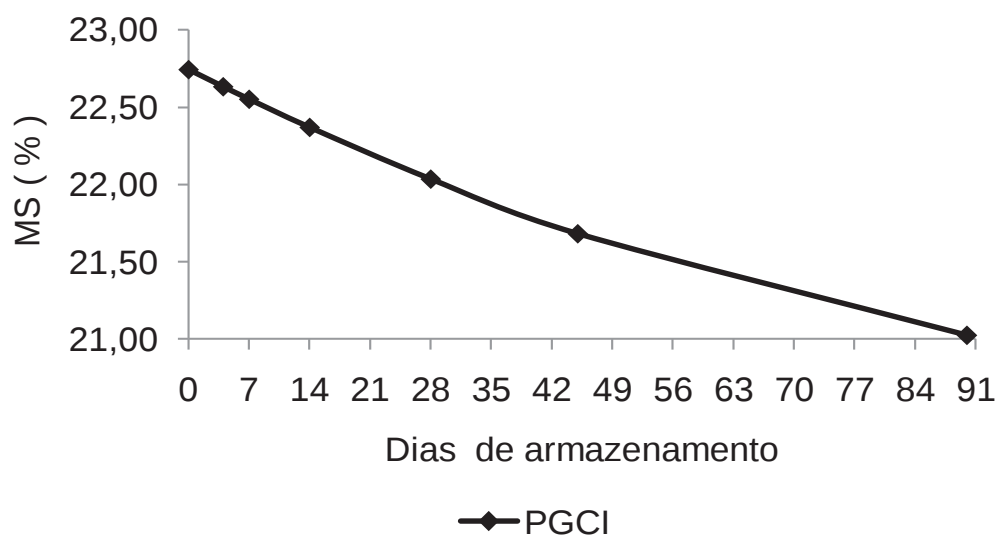


Figura 1. Teores de matéria seca (MS) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com tamanho grande de partícula com inoculante bacteriano.

¹PGCI : silagem de milho partícula grande com inoculante.

Estes resultados permitem afirmar que, os diferentes manejos realizados nesse experimento, ou seja, diferentes tamanhos de partícula e presença ou não de inoculante bacteriano, tiveram pouco efeito na queda dos teores de MS da silagem em função dos dias de armazenamento, esse comportamento também foi observado por GUIMARÃES Jr. et al. (2005) que avaliando diferentes genótipos de milho (CMS-1, BRS-1501 e BN-2) em diferentes períodos de armazenamento, não encontraram diferenças significativas entre os teores de MS do material original e das silagens. ROCHA Jr. (1999), em trabalho semelhante, utilizando sorgo não observou redução significativa nos teores de MS em função dos dias de armazenamento da silagem.

Houve efeito do tamanho da partícula sobre a produção de efluentes em silagens de milho, onde as silagens de milho com tamanho de partícula pequena com e sem inoculante apresentaram um comportamento quadrático ($P < 0,05$), conforme a tabela 1 e figura 2. No entanto, as silagens confeccionadas com tamanho grande de partícula não apresentaram diferenças estatísticas entre o período de armazenamento.

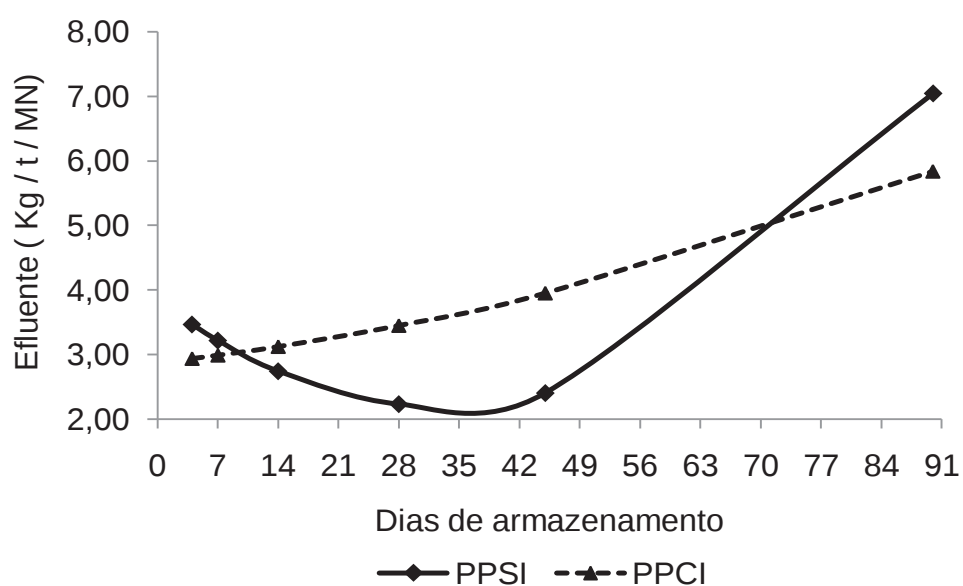


Figura 2. Produção de efluentes durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante.

Este comportamento da produção de efluente na silagem com tamanho de partícula pequena era esperado, pois em função da maior massa específica alcançada por esses tratamentos (709,5 kg MN/m³) em relação os tratamentos com maior tamanho de partícula (650,5 kg MN/m³), ocorreram uma maior e melhor compactação do material e, conseqüentemente maior perda por efluentes. O mesmo comportamento foi observado por LOURES et al. (2003), que verificaram

aumento na produção de efluente quando intensificaram o grau de compactação na silagem de capim tanzânia.

Nas silagens de milho com tamanho de partícula pequena com inoculante, não foi observado efeito positivo do aditivo, apesar do tratamento com inclusão do aditivo apresentar produção de efluentes na silagem armazenada por 90 dias inferior ao tratamento sem aditivo, pode-se afirmar que em períodos de estocagem curtos, entre 14 a 45 dias a utilização de inoculante não foi eficiente em controlar as perdas por efluentes. No entanto, em períodos de estocagem longos (90 dias) ocorre inversão desses resultados (Figura 2).

O comportamento dos índices de perda por gases em função do tempo de armazenamento foi semelhante em todos os tratamentos até 45 dias de estocagem (Figura 3).

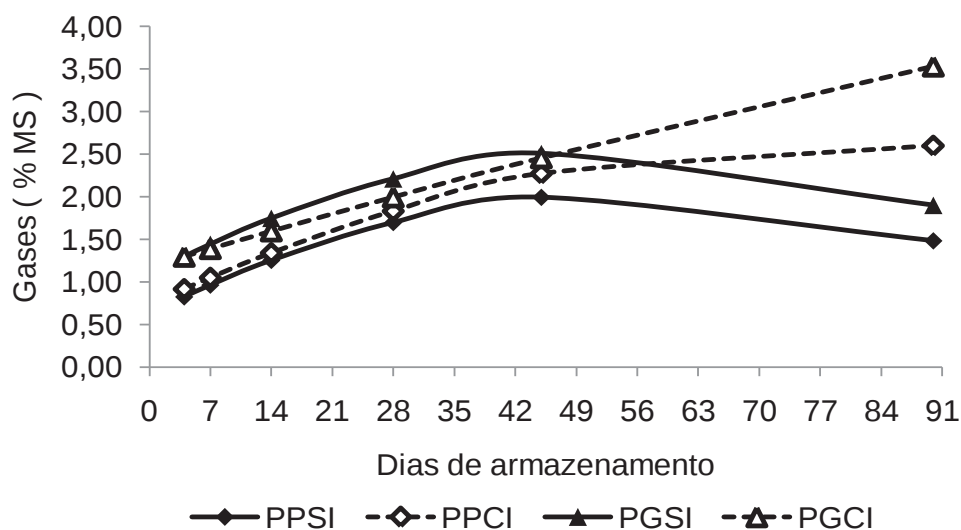


Figura 3. Perdas por gases durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante, PGCI: silagem de milho partícula grande com inoculante.

Observa-se aumento até 45 dias de armazenamento (Figura 3) em todos os tratamentos, após essa avaliação ocorreu redução nos tratamentos sem utilização

de inoculante bacteriano e aumento na produção de gases nos tratamentos com utilização de inoculante bacteriano. As silagens confeccionadas com tamanho de partículas grande apresentaram maiores perdas por gases nos períodos de estocagens inferiores a 45 dias.

A utilização de inoculante bacteriano não interferiu nesse parâmetro, com exceção da silagem com tamanho de partícula grande com 14 e 28 dias (Figura 3).

Este aumento observado para a produção de gás em função dos dias de armazenamento pode ser explicado pelo aumento da concentração de ácidos devido à fermentação da silagem de milho, pois segundo McDONALD et al. (1991) a fermentação realizada por bactérias heterofermentativas e enterobactérias gera CO_2 , o qual é perdido em forma de gases durante o armazenamento. As maiores perdas de gases encontradas nos tratamentos com tamanho de partículas maiores, pode ser explicado pela menor massa específica destas silagens ($650,5 \text{ kg MN/m}^3$) frente as silagens com tamanho de partículas menores ($709,5 \text{ kg MN/m}^3$). Segundo EVANGELISTA et al. (2004) a densidade de massa de forragem observada no fechamento do silo determina a quantidade de oxigênio residual, quanto menor a presença de oxigênio na massa, maior será a compactação o que permite minimização da fermentação butírica, diminuindo a população de microrganismos indesejáveis (clostrídios), responsáveis pelas perdas por gases.

O uso do inoculante bacteriano interferiu na produção de gases somente para 14 e 28 dias de armazenamento na silagem com tamanho de partícula grande, não mostrando total eficácia diretamente no controle da produção de gases em períodos de estocagem longos. Esse fato pode ser explicado pela ação do *Propionibacterium acidipropionici* presente no inoculante, por se tratar de um microrganismo heterolático facultativo, esses microrganismos fermentam alguns açúcares e ácido láctico produzindo CO_2 , que será perdido na forma de gases.

A ação do inoculante bacteriano, principalmente do *Lactobacillus plantarum*, seria promover a queda rápida de pH, evitando o desenvolvimento de

microrganismos indesejáveis, no entanto, vários fatores podem ter afetado essa ação do inoculante neste experimento, dentre eles o baixo teor de MS encontrado no material ensilado, pois segundo WOOLFORD (1984) o elevado teor de umidade pode favorecer a perda por gases e favorecer o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como as bactérias heterofermentativas e enterobactérias.

A recuperação de MS (RMS) só apresentou diferença estatística ($P < 0,05$) no tratamento utilizando silagem de milho com partícula grande com presença de inoculante bacteriano, apresentando efeito quadrático (Tabela 1), onde os teores variaram de 99 a 92,28% no armazenamento de 4 e 90 dias, respectivamente (Figura 4). Apesar dos resultados não terem apresentado diferenças estatísticas, os demais tratamentos se comportaram da mesma forma com redução na RMS em função dos dias de armazenamento, apresentando valores médios bem semelhantes (Tabela 1).

Os dados encontrados na variável RMS são condizentes com os dados de perda por gases (Figura 3), na qual o tratamento silagem com tamanho de partícula grande inoculada apresentou as maiores perdas por gases, pois como foi mencionado anteriormente, durante a fermentação ocorre o consumo de açúcares e produção de CO_2 , provenientes da ação de clostrídeos e de leveduras, que é perdido na forma de gases (McDONALD et al., 1991), o que pode ter levado a redução na RMS para esse tratamento.

Em relação à utilização do inoculante bacteriano só foi observado diferença quando esse foi utilizado em silagens com tamanho de partícula grande (Tabela 1 e Figura 4). Este fato pode ser explicado pelas maiores perdas principalmente de gases encontrados neste tratamento (Figura 3) que em relação aos outros tratamentos apresentaram maiores valores de gases. Esse fato, explica também que quando utilizado em silagens com tamanho de partículas pequenas o inoculante tem pouca eficiência, pois como houve uma melhor compactação, e conseqüentemente, uma melhor fermentação, ocorreu um processo natural de acidificação do meio mesmo quando o inoculante não foi utilizado. KUNG Jr. &

RANJIT (2001) também não encontraram mudanças na RMS quando utilizaram inoculante bacteriano em silagem de cevada, mostrando que para essa variável o uso de inoculante não teve efeito esperado que pudesse favorecer a fermentação e minimizar as perdas.

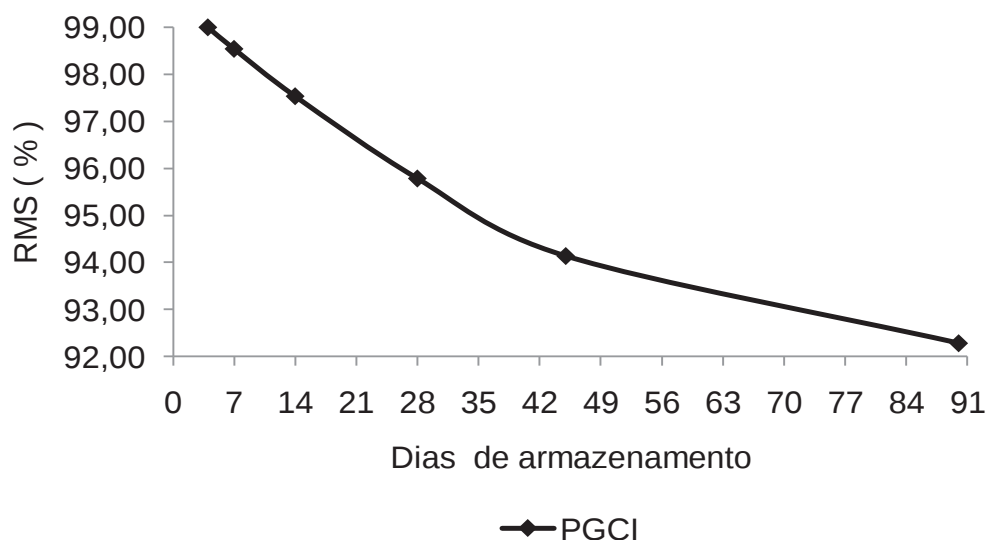


Figura 4. Recuperação de matéria seca (RMS) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PGCI : silagem de milho partícula grande com inoculante

Houve efeito cúbico ($P < 0,05$) na variação de pH em função dos dias de armazenamento (Tabela 1). É possível verificar (Figura 5) que o comportamento foi semelhante entre os tratamentos, onde os valores de pH apresentaram redução até 28 dias de armazenamento, como elevação dos valores até 45 dias e tendência de estabilização após esse período.

Esse aumento observado entre 28 e 45 dias de armazenamento pode ser explicado pelo fato que o $N-NH_3$ produzido durante a fermentação (Figura 6) se liga a molécula de água formando um radical hidroxila fazendo com que o pH aumente (Figura 5).

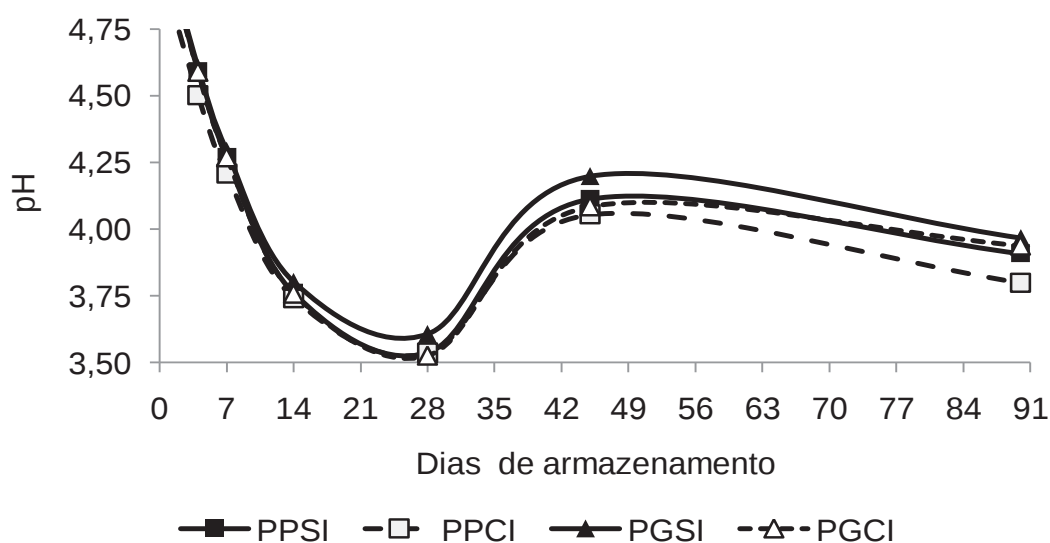


Figura 5. Teores de pH durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante

Não houve diferença entre os tamanhos de partículas (Figura 5), apesar de uma pequena tendência em menores valores de pH em silagens com tamanho de partícula pequena, fato esse explicado pelo ambiente mais propício ao crescimento de microrganismos desejáveis. No entanto, quando se observa o efeito do uso de inoculante, é possível verificar, que as silagens inoculadas apresentaram menores valores de pH, em todos os tempos de armazenamento. Isso permite afirmar que, o uso de inoculante bacteriano teve eficácia quanto a queda de pH, principalmente, nos primeiros dias de armazenagem, isso pode ser explicado pela ação do *L. plantarum* presente no inoculante, por ser considerado microrganismo homolático facultativo, o mesmo promove aumento na concentração de lactato nas silagens, o que promove valores de pH mais baixo em relação as silagens controle, como encontrado no presente estudo.

Os teores de N-NH₃ em função dos dias de armazenamento apresentaram efeito quadrático (Tabela 1) e os valores observados apresentaram o mesmo comportamento de aumento para todos os tratamentos avaliados (Figura 6), com

teores variando de 3,5 a 9,03% nos tempos de armazenamento de 4 e 90 dias e nas silagens com tamanho de partícula pequena com inoculante e tamanho grande de partícula sem inoculante, respectivamente.

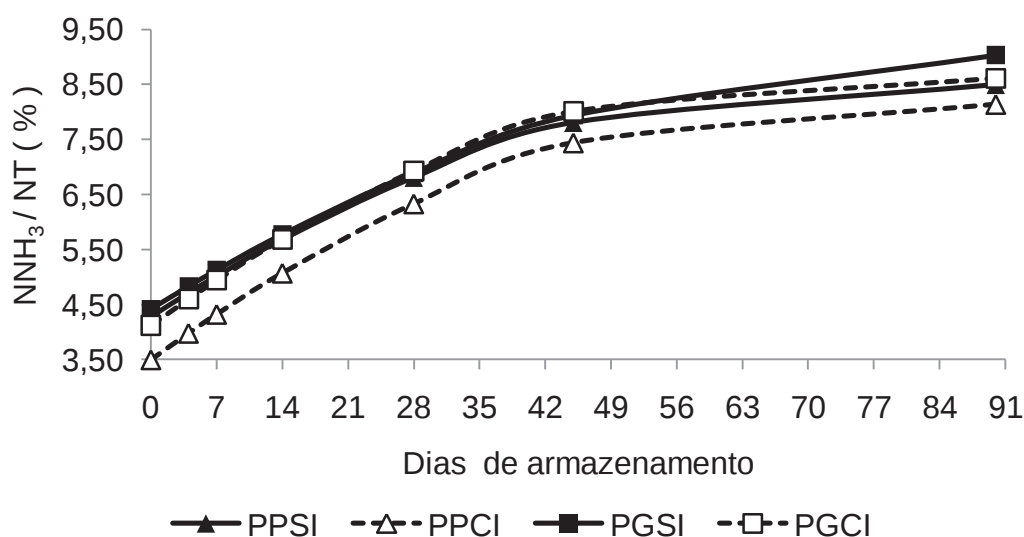


Figura 6. Teores de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total (NNH_3/NT) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante, PGCI: silagem de milho partícula grande com inoculante

O mesmo comportamento foi observado por GUIMARÃES Jr. et al. (2005) que trabalhando com diferentes híbridos de milho (CMS-1, BRS-1501 e BN-2) encontraram teores de N-NH_3 de 5,15 e 8,75% em 3 e 56 dias de armazenamento.

As silagens com tamanho de partícula pequena apresentaram menores valores de N-NH_3 (Figura 6). Pode-se inferir que nestas silagens devido a maior massa específica (709,5 kg MN de silagem / m^3) permitiu-se menor presença de oxigênio residual na massa ensilada, fazendo com que ocorresse fermentação mais adequada devido a menor ação de microrganismos indesejáveis, que

promovem a degradação de proteínas (HERON et al., 1989) e as transforma em compostos nitrogenados solúveis, que segundo OHSHIMA & McDONALD (1978) apresentam grande desvantagem na ensilagem. Analisando a Figura 6, observa-se que houve efeito do inoculante bacteriano sobre os teores de N-NH_3 , onde silagens tratadas com esse produto apresentaram menores valores de N-NH_3 . Esse fato, pode ser explicado pelo menor pH observado nessas silagens (Figura 5), que provavelmente contribuiu para a inibição de microrganismos indesejáveis (clostrídios) que provocariam proteólise na silagem. Dessa forma, como ocorreu redução na degradação da proteína, a produção de nitrogênio na forma de amônia tende a diminuir (CARPINTEIRO et al., 1979).

Os teores de PB apresentaram comportamento praticamente estável entre os tratamentos com tamanho de partícula pequena e grande sem inoculante ($P>0,05$), somente o tratamento com partícula grande com inoculante apresentou comportamento cúbico ($P<0,05$) em função do armazenamento (Figura 7).

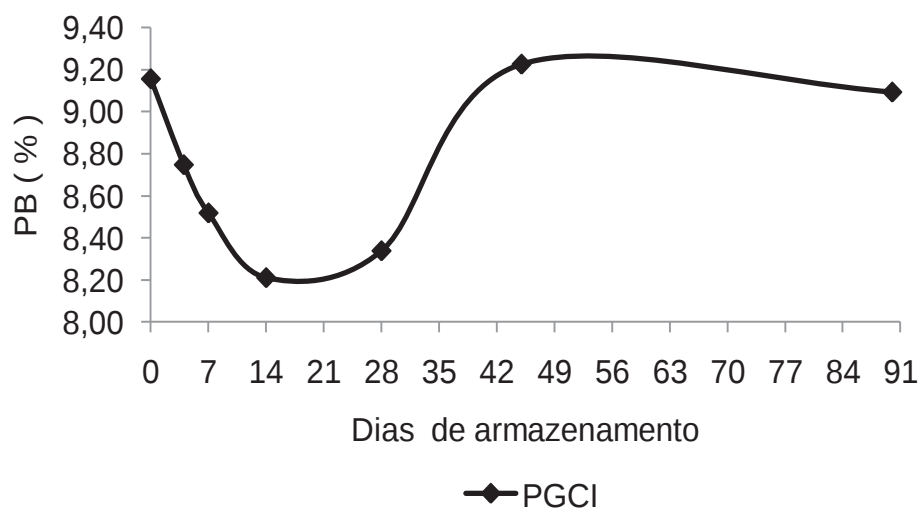


Figura 7. Teores de proteína bruta (PB) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PGCI: silagem de milho partícula grande com inoculante

É possível verificar (Figura 7) que houve queda acentuada nos teores de PB nos primeiros dias de fermentação na silagem de milho confeccionado com tamanho de partícula grande com inoculante bacteriano, esse comportamento pode ser explicado pela alta proteólise ocorrida nos primeiros dias de fermentação. Nos demais tratamentos, não foram detectados diferenças ($P>0,05$) em função do armazenamento da silagem, isto mostra que o teor de PB manteve-se estável ao longo do processo fermentativo, sofrendo pouca influência dos processos proteolíticos que normalmente ocorrem dentro do silo. GUIMARÃES Jr. et al. (2005) também não encontraram diferenças nos teores de PB nas silagens de milho avaliadas em diferentes períodos de armazenamento.

Em relação aos teores de MM das silagens houve efeito ($P<0,05$) somente nas silagens confeccionadas com tamanho de partícula grande, onde para essas silagens sem utilização de inoculante, foi observado efeito quadrático ($P<0,05$), porém, no tratamento com tamanho de partícula grande com inoculante a única equação que se ajustou foi a cúbica (Figura 8).

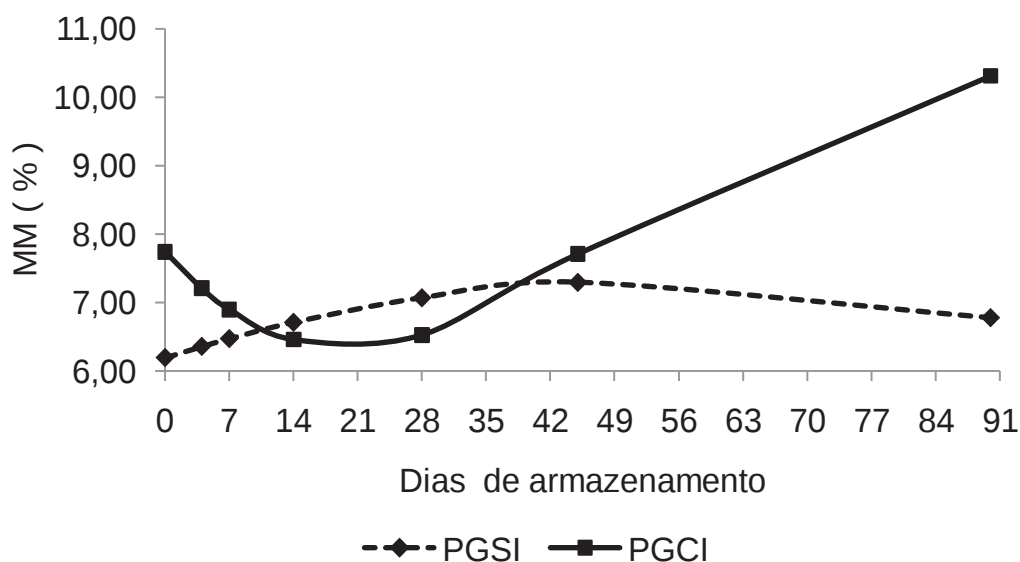


Figura 8. Teores de matéria mineral (MM) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹ PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante, PGCI: silagem de milho partícula grande com inoculante

Os demais tratamentos apresentaram a mesma tendência, porém não foram encontradas equações que se ajustassem aos dados obtidos ($P>0,05$). O comportamento observado nessa variável pode ser explicado, principalmente, pelo teor de MS, pois como observado na figura 1, o teor de MS teve pequena redução em função dos dias de armazenamento, no entanto, essa pequena redução pode ter levado a perda de carboidratos durante a fermentação o que fez aumentar a concentração de cinzas no material ensilado, outro fator que pode ter alterado a composição de matéria mineral seriam as perdas por efluentes, pois poderiam ocasionar perdas de cinzas.

Os teores de FDN das silagens de milho apresentaram efeito quadrático, com exceção do tratamento em que a silagem foi confeccionada com tamanho de partícula grande com inoculante bacteriano, que apresentou comportamento cúbico (Tabela 1 e Figura 9).

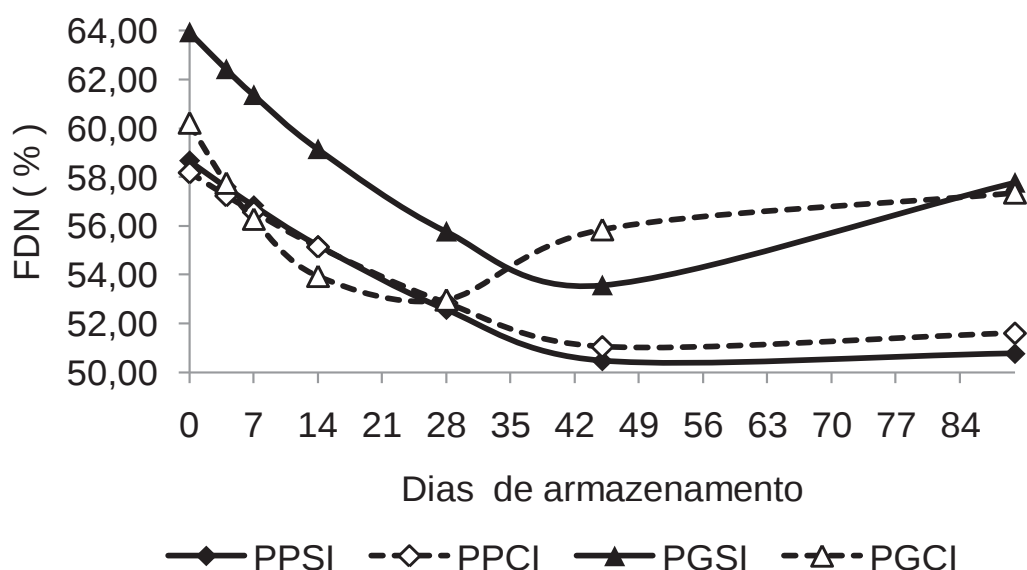


Figura 9. Teores de fibra em detergente neutro (FDN) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante, PGCI: silagem de milho partícula grande com inoculante

De acordo com a figura 9, é possível observar que nos tratamentos com tamanho de partícula pequena houve uma redução nos teores de FDN até 45 dias de armazenamento, ocorrendo então, tendência de estabilização, este comportamento de estabilização nos teores de FDN em função dos dias de armazenamento, também foram relatados por GUIMARÃES Jr. et al. (2005).

Nas silagens com tamanho de partícula grande, houve o mesmo comportamento de redução até 28 dias de armazenamento no tratamento com inoculante e até 45 dias no tratamento sem inoculante, ocorrendo a partir desses períodos elevação nos valores de FDN (Figura 9).

Esta elevação nos teores de FDN nas silagens com tamanho de partículas maiores pode ser explicada pela produção de gás a partir da fermentação, ocorrendo perdas de MS, principalmente pelo consumo de carboidratos solúveis, o que pode ter levado ao aumento proporcional do teor de FDN, este maior teor de FDN afeta diretamente o consumo de silagem pelos animais (VAN SOEST, 1994), portanto, as silagens com tamanho de partículas pequenas poderiam ser consumidas em maiores quantidades em comparação com as de tamanho de partícula grande.

O uso de inoculante bacteriano apresentou pouco efeito nos teores de FDN das silagens (Figura 9), com exceção da silagem com tamanho de partícula grande que apresentou menores valores de FDN quando comparada com o tratamento que não utilizou inoculante.

Os teores de FDA apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), no entanto, o tratamento que utilizou tamanho de partícula grande com inoculante não proporcionou equações significativas que explicassem os resultados obtidos (Tabela 1). É possível observar na figura 10 que os tratamentos com silagem de tamanho de partícula pequena e grande sem inoculante bacteriano apresentaram o mesmo comportamento, porém, no tratamento tamanho de partícula pequena foram observados menores valores de FDA, o que permite afirmar que esta silagem pode apresentar maior digestibilidade, pois de acordo com VAN SOEST

(1994) os teores de FDA estão diretamente relacionados com a digestibilidade da forrageira.

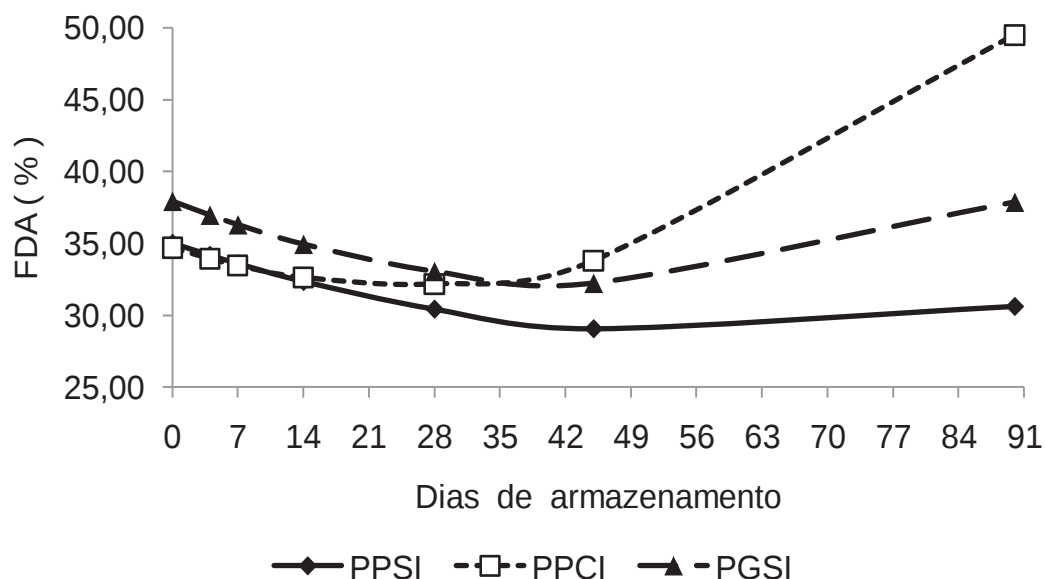


Figura 10. Teores de fibra em detergente ácido (FDA) durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante

Os mesmos comportamentos observados nos teores de FDA foram encontrados para celulose, ou seja, a silagem com tamanho de partícula grande com inoculante não apresentou equações ajustadas, enquanto que os demais tratamentos apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) de acordo com a tabela 1. Quando se avaliou os diferentes tamanhos de partícula fica evidente que o tamanho de partícula grande apresentou maiores teores de celulose (Figura 11), isso possivelmente pode ser explicado pela ocorrência da melhor fermentação nas silagens com tamanho de partícula pequena, o que proporcionou menores perdas e consequentemente menor concentração da fração fibrosa da forrageira.

Em relação ao uso de inoculante bacteriano, é possível verificar (Figura 11) que a utilização do mesmo proporcionou menores teores de celulose até 45 dias

de armazenamento, que pode ser explicado pela ocorrência da possível hidrólise da celulose, em função das condições ácidas da silagem (MORRISON, 1979), visto que, para essas silagens foram observados menores valores de pH (Figura 5).

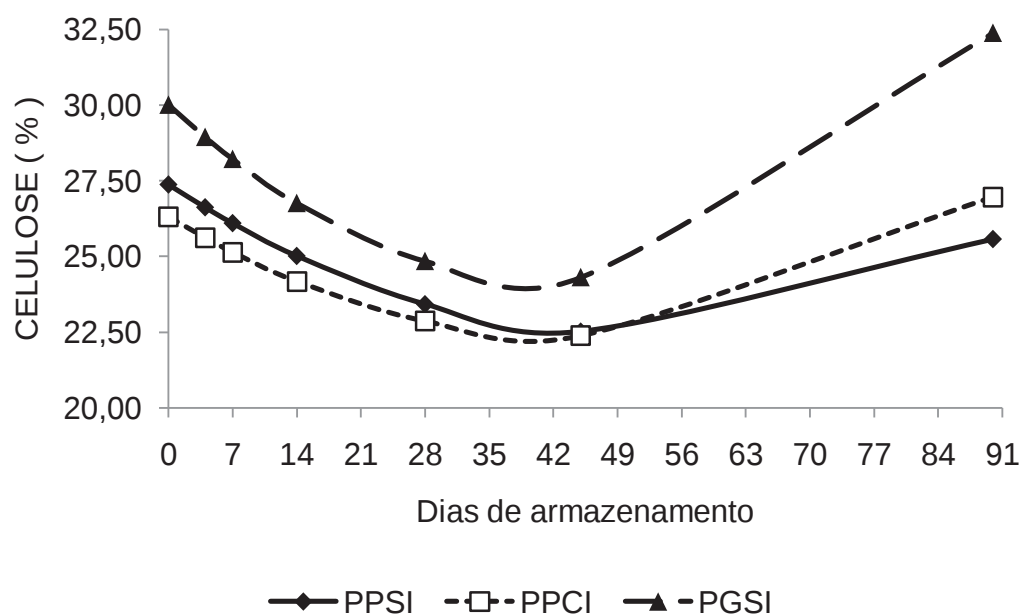


Figura 11. Teores de celulose durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante

Os teores de hemicelulose apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$), com exceção do tratamento com tamanho de partícula grande com inoculante que apresentou comportamento linear decrescente (Tabela 1). De acordo com os dados apresentados na figura 12, é possível observar redução nos teores de hemicelulose em função dos dias de armazenamento, esse fato pode ser explicado pela hidrólise ácida ocorrida e pela utilização desta fração pelos microrganismos como substrato extra para a fermentação (MUCK, 1988; HENDERSON, 1993).

Os comportamentos verificados nos teores de hemicelulose foram semelhantes entre os tratamentos, não sendo possível afirmar se houve diferença dos tamanhos de partícula e utilização ou não de inoculante bacteriano, apesar de que, o tratamento tamanho de partícula pequena com inoculante, apresentou queda mais acentuada de que os demais a partir do período de armazenamento referente a 45 dias.

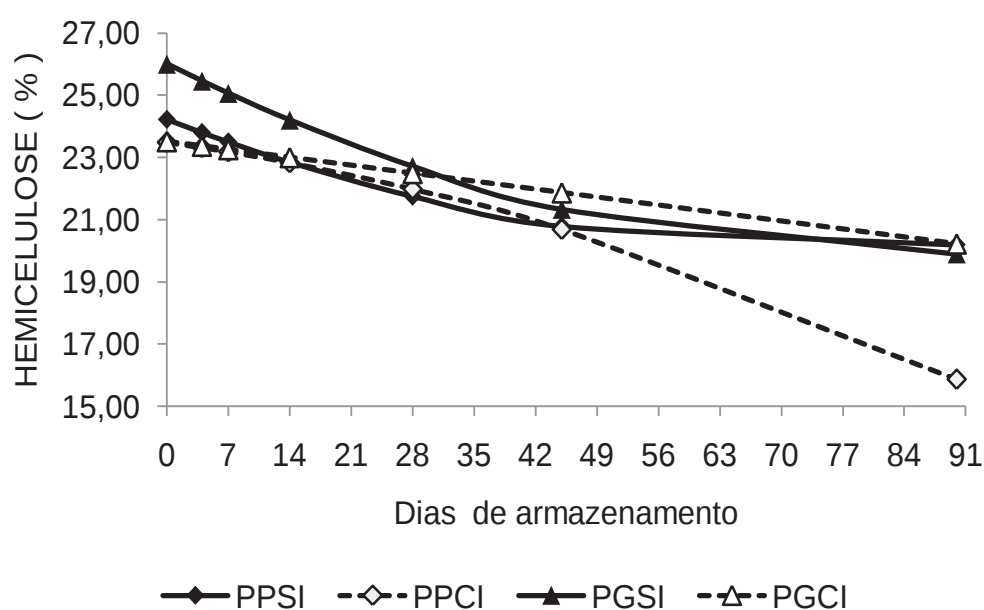


Figura 12. Teores de hemicelulose durante o armazenamento de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e com presença ou não de inoculante bacteriano.

¹PPSI: silagem de milho partícula pequena sem inoculante, PPCI: silagem de milho partícula pequena com inoculante, PGSI: silagem de milho partícula grande sem inoculante

Em relação aos teores de lignina nas silagens estudadas não foram encontradas equações que ajustassem aos dados ($P > 0,05$), foram encontrados valores médios de aproximadamente 7% conforme apresentados na tabela 1. Os resultados encontrados neste experimento são inferiores aos relatados por PINTO et al. (1999) de 7,80%, e superiores ao encontrado por ANTUNES (2001) de 3,11%, PEREIRA (2003) de 6,6% e GUIMARÃES Jr. et al. (2005) de 3,89 %.

A recuperação de MS (RMS) diminuiu ($P<0,05$) em função dos dias de exposição aeróbia (DEA), figura 13.

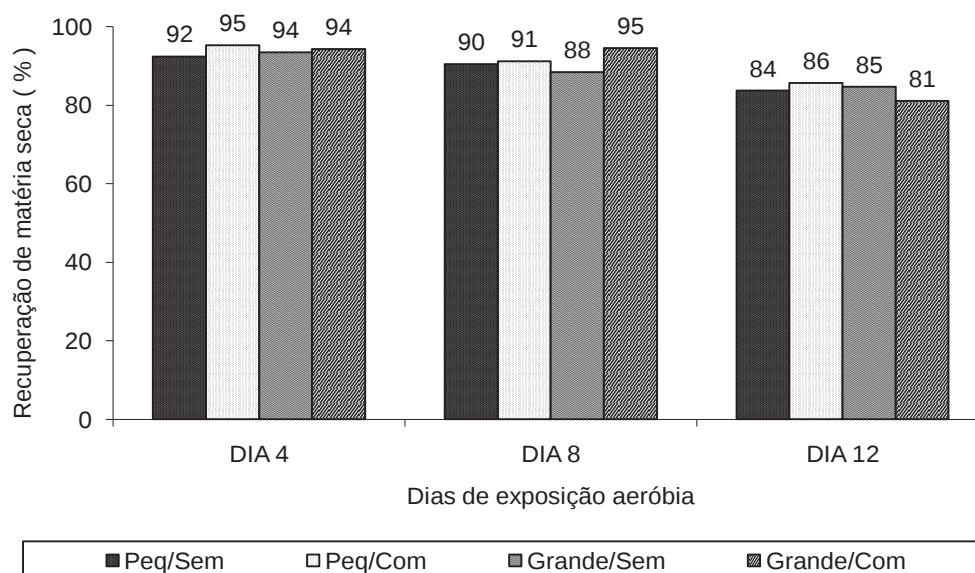


Figura 13. Recuperação de matéria seca em diferentes dias de exposição aeróbia de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e com presença ou ausência de inoculante bacteriano.

Essa queda na RMS em função dos DEA pode ser explicada pelo consumo de substrato, principalmente açúcares solúveis residuais, por microrganismos deterioradores durante a exposição aeróbia. Neste sentido, com a penetração de oxigênio durante o desabastecimento do silo, ocorreu o crescimento de microrganismos aeróbicos, como as leveduras e os fungos filamentosos (PAHLOW et al., 2003) que utilizaram os substratos, principalmente o lactato, resultando em elevadas perdas de MS e de importantes componentes nutricionais, pela oxidação do ácido láctico e carboidratos solúveis (WOOLFORD, 1990). A utilização ou não de aditivo e os diferentes tamanhos de partículas, não alteraram a RMS durante a exposição aeróbia ($P>0,05$).

Os resultados das variáveis avaliadas durante o pós-abertura de silos de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula e presença ou não de

inoculante bacteriano estão apresentadas na Tabela 2 e 3. Na Tabela 2 foram apresentados os resultados dos efeitos principais, tamanho de partícula e presença do inoculante, e na Tabela 3 o desdobramento das interações significativas entre os fatores principais.

Tabela 2 - Valores de estabilidade aeróbia medida em horas para ultrapassar em 2 °C a temperatura ambiente (EST), somatório da diferença entre temperatura média diária da massa de silagem e a temperatura ambiente ao longo de 4, 8 e 12 dias de exposição aeróbia (ADITE 4, 8 e 12), tempo para a máxima temperatura (TTM) e diferença máxima entre a temperatura ambiente e as silagens (TM) das de silagens de milho com diferentes tamanhos de partículas e tratadas ou não com inoculante bacteriano, durante a exposição aeróbia.

Variáveis	Partícula ¹		Inoculante ²		Efeitos ³			Média	CV ⁴
	Pequena	Grande	Sem	Com	P	I	P × I		
ADITE 4	13,16	18,44	23,55 a	7,95 b	0,16	**	*	15,80	38,10
ADITE 8	37,92	44,16	52,20 a	29,88 b	0,41	*	0,12	41,04	30,35
ADITE 12	76,44	68,44	90,75 a	54,13 b	0,54	*	0,35	72,44	30,00
EST	45,66 A	22,25 B	19,56 b	48,33 a	*	*	*	33,96	49,27
TTM	134,16 A	36,60 B	50,83 b	119,92 a	**	*	*	85,37	43,32
TM	9,11	10,83	11,91 a	8,03 b	0,28	*	0,19	9,97	26,03

¹ Pequena (5 mm), Grande (20 mm); ² *L. plantarum* e *P. acidipropionici* na dose de 10⁵ UFC/g forragem; ³ Efeitos entre partícula (P), inoculante (I) e entre partícula e inoculante (P×I); ⁴ Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na linha entre tamanho de partícula grande ou pequena e minúscula na linha, entre presença ou ausência de inoculante bacteriano, diferem entre si pelo teste t de Student (P<0,05).

* Equação significativa a 5% ** Equação significativa a 1%. NS: não significativa.

Observa-se que houve efeito do tamanho de partícula em duas variáveis (EST e TTM), que por sua vez apresentaram interação significativa, demonstrando que houve inter-relação entre o tamanho de partícula e a presença dos microrganismos adicionados.

As variáveis ADITE 8, ADITE 12 e TM não apresentaram efeito do tamanho de partícula. Já em relação à presença do inoculante, verificou-se melhora nas três variáveis quando as silagens foram acrescidas de *L. plantarum* e *P.*

acidipropionici. A utilização de *P. acidipropionici* está baseada na transformação de glicose e ácido láctico em ácido propiônico e ácido acético (McDONALD et al., 1991), que por sua vez têm efeito inibitório no metabolismo de leveduras (MOON, 1983).

Tabela 3 - Desdobramento das interações temperatura ambiente ao longo de 4 dias de exposição aeróbia (ADITE 4), estabilidade aeróbia (EST) e tempo para atingir a temperatura máxima (TTM) na massa de silagem exposição ao ar.

Partícula	Variáveis					
	ADITE 4		EST		TTM	
	Inoculante		Inoculante		Inoculante	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Pequena	25,62 Aa	0,51 Bb	19,0Ab	72,34 Aa	64,50 Ab	203,83 Aa
Grande	21,50 Aa	15,40 Aa	20,16Aa	24,33 Ba	37,16 Aa	36,00 Ba

Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula na coluna entre tamanho de partícula e minúscula na linha, entre presença ou ausência de inoculante, diferem entre si pelo teste t de Student ($P < 0,05$).

Em relação as variáveis ADITE 4, EST e TTM (Tabela 3) constatou-se que a interação foi significativa como apresentado na Tabela 2, permitindo inferir que as silagens de milho confeccionados com tamanho de partículas menores, aproximadamente 5 mm, proporcionaram condições adequadas para o desenvolvimento dos microrganismos do aditivo. Em nenhuma dessas variáveis houve diferença ($P > 0,05$) da presença do inoculante, quando as silagens foram confeccionadas com tamanho de partículas grande (20 mm), entretanto nas silagens com 5 mm o efeito do inoculante foi significativo ($P < 0,05$) em todas as variáveis.

O somatório de temperatura diária (ADITE 4, 8 e 12) pode indicar a intensidade da instabilidade da massa ensilada, quanto maior este valor, mais intensa a instabilidade da massa, maior o aquecimento e o tempo que a massa permaneceu aquecida (Figura 14).

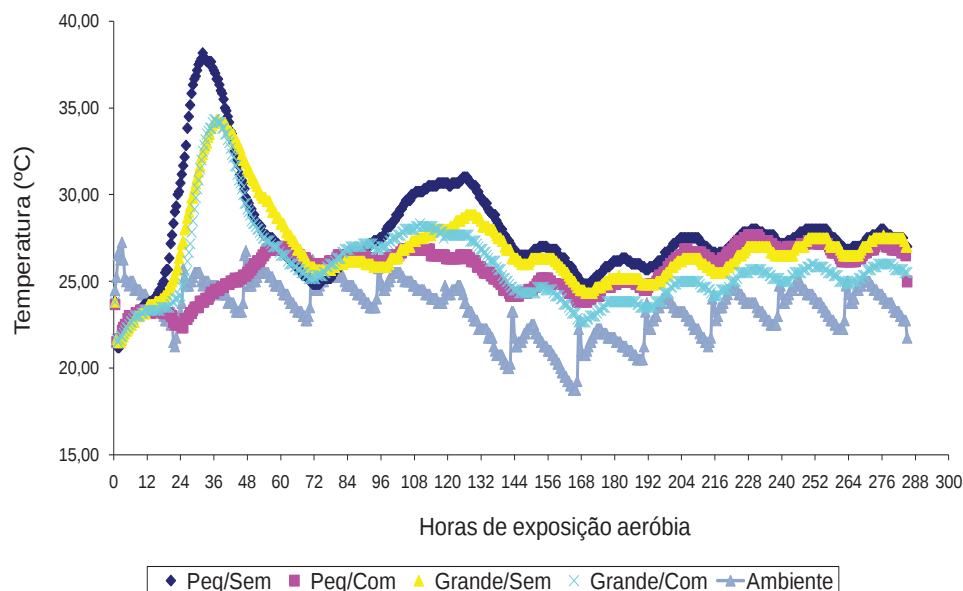


Figura 14. Temperatura ambiente e de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e presença ou ausência de inoculante bacteriano.

Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) nos valores médios do pH durante a exposição aeróbia (Tabela 4).

Tabela 4. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2) de valores de pH de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partícula com presença ou ausência de inoculante bacteriano.

Tratamentos	Equações	R^2
Pequena /Sem	$PH = -0,04187DEA^2 + 0,8665DEA + 3,92767$	0,99
Pequena / Com	$PH = 0,00302DEA^2 + 0,329928DEA + 3,853$	0,85
Grande/ Sem	$PH = -0,03937DEA^2 + 0,84633DEA + 3,84367$	0,98
Grande / Com	$PH = -0,04589DEA^2 + 0,93271DEA + 3,89917$	0,98

A elevação dos valores de pH (Figura 15) pode ser explicada pela utilização do ácido lático pelos microrganismos aeróbios (McDONALD et al. 1991). Nesse sentido, é possível concluir que com o aumento da exposição aeróbia houve elevação na quantidade desses microrganismos, este fato pode ser atribuído indiretamente ao maior aquecimento da massa (Figura 14) e a elevação dos valores de pH (Figura 15).

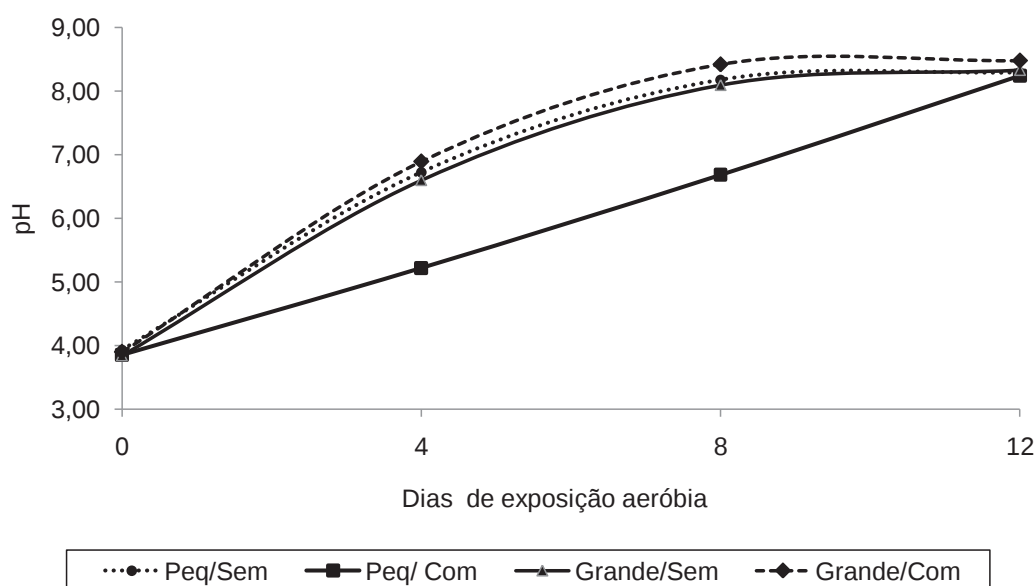


Figura 15. Valores de pH em diferentes dias de exposição aeróbia de silagens de milho ensiladas com diferentes tamanhos de partículas e com presença ou ausência de inoculante bacteriano.

É possível observar (Figura 15) que a silagem de milho tamanho de partícula pequena com inoculante bacteriano apresentou menores valores de pH, com variação de 3,93 a 8,30 para 0 e 12 DEA, respectivamente.

Esses valores permitem afirmar que, o inoculante bacteriano teve efeito somente quando utilizado com silagem de tamanho de partícula pequena, pois a associação dessas variáveis permitiu o menor consumo de substratos pelos microrganismos reduzindo a susceptibilidade à deterioração aeróbia por microrganismos oportunistas. Em trabalho realizado com silagem de milho em 0; 4; 8 e 12 DEA, ROTH et al. (2009) encontraram valores de pH variando de 3,90 a

7,87, para 0 e 12 DEA, respectivamente. Os mesmos autores encontraram efeito positivo do uso de inoculante bacteriano nos valores de pH em silagem de milho picadas com tamanho de 1 a 2 cm, em comparação ao tratamento controle, que apresentou maiores valores de pH.

4. Conclusões

Silagens de milho com tamanho de partícula pequena apresentaram menores perdas, alterações fermentativas e nutricionais, do que silagens com tamanho de partícula grande. O uso de inoculante promoveu, em silagens de tamanho de partícula pequena, melhoria na estabilidade aeróbia.

5. Referências Bibliográficas

ANTUNES, R. C. **Padrão de fermentação das silagens de seis genótipos de milho (*Zea mays* L.)**, 2001. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BOLSEN, K.K., ASHBELL, G., WILKINSON, J.M. Silage additives. In: WALLACE, J., CHESSON, A. (Ed.) **Biotechnology in animal feeds and animal feeding**. New York: VCH Weinheim. 1995 p. 33-54.

CARPINTERO, C.M.; HENDERSON, A.R.; McDONALD, P. The effect of some pretreatments on proteolysis during the ensiling of herbage. **Grass and Forage Science**, v.34, p.311-315, 1979.

DRIEHUIS, F., OUDE ELFERINK, S.J.W.H., VAN WIKSELAAR, P.G. Reduced susceptibility to aerobic spoilage of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13, 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive, 2002, p.144-145.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; PEREIRA, R. C. Perdas na conservação de forragem. In: JOBIM, C. C. et al. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2, 2004. **Anais...** Maringá: UEMCCA DZO 2004. p. 75–112.

FENNER, H. Methods for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.48, p.249, 1965.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; GONÇALVES, L.; RODRIGUES, J. A. S. et al. matéria seca, proteína bruta, nitrogênio amoniacal e pH das silagens de três genótipos de milheto [*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.] em diferentes períodos de fermentação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.2, p.251-258, 2005.

HAIGH, P. M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 45, n. 3, p. 263-271, Sept. 1990.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1993.

HERON, S.J.E.; EDWARDS, R.A.; PHILLIPS, P. The effect of pH on the activity of ryegrass (*Lolium multiflorum*) proteases. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.46, n.3, p. 267-277, 1989.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; SILVA, J.M. O milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leek) como planta forrageira. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DO MILHETO, 1999, Brasília. **Anais...** Brasília: Jica-Embrapa, 1999. p.97-103.

KUNG Jr., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

KUNG JR., L.; RANJIT, N.K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.5, p.1149-1155, 2001.

KUNG Jr., L.; SHEPERD, A.C.; SMAGALA, A.M. et al. The effect of preservatives based on propionic acid on the fermentation and aerobic stability of corn silage and a total mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.5, p.1322-1330, 1998.

KUNG Jr., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.299-306, 1984.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003 (supl.2).

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **J. Appl. Bacteriol.**, v.55, p.453-460, 1983.

MORRISON, I.M. Changes in the cell wall components of laboratory silages and the effect of various additives on these changes. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**. v..93, p.581-586, 1979.

MUCK, R.E. Factors Influencing Silage Quality and Their Implications for Manegement. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, p. 2992- 3002, 1988.

OHSHIMA, M.; McDONALD, P. A Review of Changes in Nitrogenous compounds in herbage during ensiling. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 29, n. 6, p. 497-505, 1978.

O'KIELY, P. **Maximizing output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems**. Dunsany: Grange Research Centre, 1999. 64p. (Beef Production Series, 10).

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, p.31-93, 2003.

PEREIRA, L. G. R. **Potencial forrageiro da cultura do girassol (*Helianthus annuus* L.) para a produção de silagem**. 2003. 134 f. Dissertação (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PINTO, J. C.; CHAVES, C. A. dos S, PÉREZ, J. R. O. et al. Valor nutritivo das silagens de Capim-Sudão, Milheto, Teosinto e Milho. 1- Consumo e digestibilidade aparente. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.23, n.4, p.980-986, 1999.

ROBERTSON, J.B.; VAN SOEST, P.J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: JAMES, W. P. T.; THEANDER, O. (Ed.) **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, 1981, p.123-158.

ROCHA Jr., V.R. **Qualidade das silagens de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e seus padrões de fermentação**. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da UFMG, 1999. 132p.

ROTH, M.T.P. ; SIQUEIRA, G.R. RESENDE, F.D. et al. Estabilidade aeróbia de silagem de milho inoculada com os microrganismos *Lactobacillus plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009 (CD-ROM).

SAS Institute. **SAS User's Guide. Statistics**, Version 9.00 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC, 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

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

VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídeos em rações para ruminantes.** 1980. 98 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1980.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effect of air on silage. *J. Appl. Bact.*, v.68, p.101-116, 1990.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation.** New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.