

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PERDAS E VALOR ALIMENTÍCIO EM SILAGEM DE MILHO
ARMAZENADA COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
VEDAÇÃO AVALIADO EM OVINOS

Autora: Kácia Carine Scheidt
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Coorientador: Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel

MARINGÁ
Estado do Paraná
Setembro – 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PERDAS E VALOR ALIMENTÍCIO EM SILAGEM DE MILHO
ARMAZENADA COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE
VEDAÇÃO AVALIADO EM OVINOS

Autora: Kácia Carine Scheidt
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Coorientador: Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel

Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Setembro – 2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S318p

Scheidt, Kácia Carine

Perdas e valor alimentício em silagem de milho armazenada com diferentes estratégias de vedação avaliado em ovinos / Kácia Carine Scheidt. -- Maringá, PR, 2019.
74 f.

Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim.

Coorientador: Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2019.

1. Silagem de milho - Conservação. 2. Silagem de milho - Valor nutritivo - Ovinos. 3. Silagem de milho - Estabilidade aeróbia . I. Jobim, Clóves Cabreira , orient. II. Daniel, João Luiz Pratti , coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.0862

Síntique Raquel Eleutério - CRB 9/1641




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS


PERDAS E VALOR ALIMENTÍCIO EM SILAGEM DE
MILHO ARMAZENADA COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS
DE VEDAÇÃO AVALIADO EM OVINOS


Autora: Kácia Carine Scheidt
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim


TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

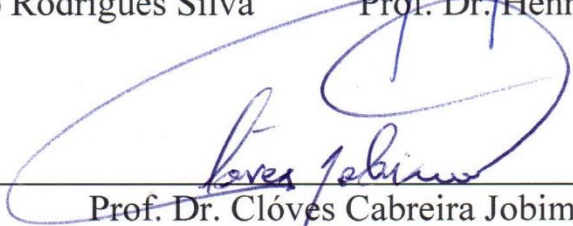
APROVADA em 27 de setembro de 2019.


Prof.^a Dr.^a Claudete Regina Alcalde


Prof. Dr. Edson Luis de
Azambuja Ribeiro


Prof. Dr. Robério Rodrigues Silva


Prof. Dr. Henrique Leal Perez


Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Orientador

“Um caminho sem obstáculos, provavelmente não te leva a lugar nenhum”.

Frank A. Clark

*Aos meus pais, Hilberto Scheidt e Eli Scheidt,
À minha irmã, Kelli Aline Scheidt,
À minha avó (Oma), Elvina Schelessner Scheidt,*

Com muito carinho, a vocês...

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por ter me dado força para concluir esta etapa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, pela oportunidade de realização do doutorado.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao orientador Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim, por sua valiosa orientação, paciência nos momentos difíceis e direcionamento da pesquisa.

Ao coorientador, Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel, pela contribuição e apoio prestados durante o desenvolvimento deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, pela contribuição dada ao trabalho e pela disponibilidade em estarem presentes.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos valiosos ensinamentos.

Aos membros do Grupo de Estudos em Silagem e Feno - GESF, pela amizade e auxílio nos trabalhos de campo e análises em laboratório. Agradeço a cada um com muito carinho, pois colaboraram muito na realização deste trabalho. Muito obrigada!

À Pós-Doutoranda Tatiana García Díaz, pela inestimável ajuda na realização do experimento a campo, análises de laboratório e por momentos alegres compartilhados durante este período. Minha infinita gratidão!

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), em especial ao Wilson Marssola, pela colaboração e dedicação no cuidado dos cordeiros utilizados na pesquisa.

Aos funcionários do laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal, Angélica e Augusto, pelo apoio e auxílio na condução das análises laboratoriais.

Aos meus pais, Hilberto Scheidt e Eli Scheidt, que me ensinaram os verdadeiros valores da vida e a procurar em Deus à força maior. Agradeço pelo amor, carinho e por estarem sempre do meu lado me apoiando nas dificuldades e incentivando a prosseguir. A vocês minha imensa gratidão!

À minha irmã Kelli Aline Scheidt, pelo carinho e pelas palavras de apoio e encorajamento.

Ao meu namorado Robson Akira Matsuzaki, pelo amor e por não medir esforços para me ajudar nos trabalhos na FEI, em análises de laboratório e nos estudos. Obrigada pelo apoio, companheirismo nos momentos bons e principalmente nos ruins, obrigada por ter sido paciente com minhas faltas de paciência e com meus desabafos, obrigada pelo incentivo em todos os momentos, sendo essencial no cumprimento desta jornada.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram neste sonho,

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

KÁCIA CARINE SCHEIDT, filha de Hilberto Scheidt e Eli Scheidt, nasceu em Marechal Cândido Rondon, Paraná, no dia 11 de dezembro de 1991.

Em fevereiro de 2009, iniciou o curso de graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, concluindo em dezembro de 2013.

Em março de 2014, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em nível de Mestrado, área de concentração Produção e Nutrição Animal, realizando estudos na área de Conservação de Forragens.

Em fevereiro de 2016, defendeu a sua Dissertação.

Em março de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, em nível de Doutorado, área de concentração Produção Animal, realizando estudos na área de Conservação de Forragens e Nutrição Animal.

Em abril de 2019, submeteu-se ao exame geral de qualificação.

Em setembro de 2019, defendeu a sua Tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
1. Silagem.....	18
1.1. Silagem de milho.....	21
1.1.1. Filme plástico na vedação do silo.....	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27
II. OBJETIVOS GERAIS.....	31
III. VALOR NUTRICIONAL E PERDAS NO ARMAZENAMENTO DE SILAGENS DE MILHO COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE VEDAÇÃO DO SILO.....	32
Resumo.....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados e Discussões.....	39
Conclusões.....	53
Referências Bibliográficas.....	54
IV. ESTABILIDADE AERÓBIA E VALOR ALIMENTÍCIO DE SILAGENS DE MILHO ARMAZENADAS COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE VEDAÇÃO AVALIADO EM CORDEIROS	57

Resumo.....	57
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	59
Resultados e Discussões.....	63
Conclusões.....	70
Referências Bibliográficas.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74

LISTA DE TABELAS

III. Valor nutricional e perdas no armazenamento de silagens de milho com diferentes estratégias de vedação do silo

	Página
TABELA 1. Composição químico-bromatológica da forragem de milho no momento da ensilagem.....	36
TABELA 2. Presença de microrganismos da forragem de milho no momento da ensilagem.....	36
TABELA 3. Desdobramento da interação entre estratégia de vedação x profundidade de amostragem para recuperação de matéria seca (RMS).....	39
TABELA 4. Desdobramento da interação para as variáveis relativas ao padrão de fermentação das silagens.....	41
TABELA 5. Valores médios de ácido láctico de silagem de milho vedada com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem.....	42
TABELA 6. Densidade de silagem de milho vedada com diferentes estratégias de vedação.....	44
TABELA 7. Desdobramento da interação entre estratégia de vedação x profundidade de amostragem para as variáveis relativas a composição bromatológica das silagens.....	45
TABELA 8. Valores médios das variáveis relativas a composição bromatológica das silagens de milho vedadas com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem.....	46
TABELA 9. Valores médios das frações A+B1 e B2 dos carboidratos totais das silagens de milho vedadas com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem.....	47

TABELA 10. Desdobramento da interação para a fração C dos carboidratos totais (CT) das silagens de milho.....	48
TABELA 11. Desdobramento da interação para as frações que compõem a proteína das silagens de milho.....	49
TABELA 12. Desdobramento da interação para os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca de silagem de milho das frações “a” e “b”.....	51
TABELA 13. Valores médios da fração “c” dos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca de silagem de milho vedada com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem.....	51
TABELA 14. Valores médios da degradação potencial (DP) das silagens de milho vedadas com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem.....	52
TABELA 15. Desdobramento da interação para degradação efetiva (DE) da matéria seca de silagem de milho, calculada para taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora.....	52

IV. Estabilidade aeróbia e valor alimentício de silagens de milho armazenadas com diferentes estratégias de vedação avaliado em cordeiros

TABELA 1. Dietas experimentais contendo silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP), silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço) e silagem de milho vedada com Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop).....	61
TABELA 2. Composição química (base na MS) dos ingredientes das dietas experimentais.....	61
TABELA 3. Nitrogênio amoniacal e ácido láctico de silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP); lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 µm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop) no início do período de exposição ao ar.....	63
TABELA 4. Estabilidade aeróbia, temperatura acumulada e temperatura máxima de silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP); lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 µm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop).....	64

TABELA 5. Desempenho de cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP); lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 µm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop).....	66
TABELA 6. Consumo de nutrientes de cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP); lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 µm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop).....	67
TABELA 7. Coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes (dados em % da MS) em cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com rações contendo diferentes silagens.....	69
TABELA 8. Custo de produção com base nas dietas e receita líquida por tratamento.....	69

LISTA DE FIGURAS**IV. Estabilidade aeróbia e valor alimentício de silagens de milho armazenadas com diferentes estratégias de vedação avaliado em cordeiros****Página**

- FIGURA 1. Valores de temperatura observados para a silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm (LP), silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana (LP+Bagaço) e silagem de milho vedada com filme de barreira de oxigênio de 45 μm (Silostop® Orange) + lona preta de polietileno de 200 μm (LP+Silostop) durante a exposição aeróbia..... 65
- FIGURA 2. Valores de pH observados para a silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm (LP), silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana (LP+Bagaço) e silagem de milho vedada com filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm (LP+Silostop) durante a exposição aeróbia..... 66

RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos: No primeiro experimento, objetivou-se avaliar estratégias de vedação de silo trincheira, sobre as perdas de matéria seca, perfil fermentativo e o valor nutricional de silagens de milho. A cultura do milho foi ensilada em um silo horizontal do tipo trincheira. Após o abastecimento, o silo foi dividido transversalmente em três partes iguais, e foram impostas três diferentes estratégias de vedação, sendo: lona preta de polietileno (LP), lona preta de polietileno com adição de uma camada de cerca de 10 cm de bagaço de cana (LP+Bagaço) e filme de barreira de oxigênio Silostop® Orange recoberto com lona preta de polietileno (LP+Silostop). Na abertura do silo, a silagem foi amostrada em duas profundidades em relação à superfície do mesmo (10 e 40 cm). O experimento foi disposto em esquema fatorial (3x2), com quatro repetições, sendo os fatores, o tipo de vedação (3) e a profundidade amostrada (2), totalizando seis tratamentos. A vedação com LP mostrou recuperação de matéria seca (MS) inferior as demais estratégias de vedação. A silagem na profundidade 10 cm e a vedação com LP apresentaram pior perfil fermentativo e maior contagem de leveduras e fungos filamentosos. Na profundidade 10 cm, a vedação com LP teve menores valores estimados de digestibilidade da MS, digestibilidade da matéria orgânica e nutrientes digestíveis totais. Os teores de fibra em detergente neutro foram superiores e os de carboidratos não fibrosos inferiores na profundidade 10 cm. A profundidade 10 cm apresentou menores valores de degradabilidade efetiva. O uso de bagaço de cana e do filme Silostop® na vedação do silo asseguraram diminuição das perdas, proporcionando melhorias no perfil fermentativo e no valor nutricional das silagens. A estratégia de vedação do silo tem efeito nas perdas totais e na composição nutricional da silagem na camada superior do silo. O segundo experimento objetivou avaliar os efeitos de diferentes estratégias de vedação de silagem de milho, sobre a estabilidade aeróbia e sobre o valor

alimentício, avaliado em cordeiros em terminação. Decorridos 200 dias de armazenamento da silagem avaliada no experimento I, o silo foi aberto e o material do estrato superior (profundidade de 0 - 50 cm) das diferentes estratégias de vedação foi realocado em silos de tambores plásticos com capacidade de aproximadamente 150 L (7 tambores para cada tratamento). Após 20 dias de armazenamento, teve início o uso das silagens dos tambores plásticos na alimentação de cordeiros. Para avaliação do desempenho animal, foram utilizados 18 cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, sendo 12 machos e 6 fêmeas, com peso vivo inicial médio 21,4 kg ($\pm 2,27$), distribuídos em blocos em função do sexo e do peso corporal inicial. O período de avaliação foi de 63 dias até que os animais atingissem peso médio de abate de 35 kg. A dieta foi composta com silagem de milho, silagem de grãos de milho e soja reidratado, silagem de grãos de milho reidratado e suplemento mineral, adotando-se proporção volumoso:concentrado de 40:60, com base na MS. Para a avaliação da estabilidade aeróbia, o experimento foi conduzido usando o delineamento inteiramente ao acaso, com quatro repetições. A silagem do tratamento LP+Silostop apresentou valores superiores de ácido lático. A silagem do tratamento LP apresentou o maior teor médio de N-NH₃ e maior estabilidade aeróbia. Os coeficientes de digestibilidade da MS foram menores nos cordeiros alimentados com dieta à base da silagem do tratamento LP. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para o desempenho e o consumo dos cordeiros, porém, para o peso corporal final, ganho de peso, ganho médio diário, eficiência alimentar e consumo de MS, os melhores resultados, em valor absoluto, foram obtidos para os cordeiros alimentados com dieta à base da silagem do tratamento LP+Bagaço. A receita líquida em relação à venda da carcaça dos cordeiros, foi superior no tratamento LP+Bagaço, mostrando que a vedação correta em decisões de investimento é fundamental para um bom resultado.

Palavras-chave: deterioração aeróbia, estimativa de perdas, filme plástico, ganho de peso, ovinos.

ABSTRACT

Two experiments were carried out: The first experiment evaluated the trench silo sealing strategies on dry matter loss, fermentative profile and nutritional value of corn silage. Corn was ensiled in a horizontal trench silo. After the filling, the silo was divided crosswise into three equal parts, where three different sealing strategies were set up: black polyethylene film (LP), black film with a layer of about 10 cm sugarcane bagasse (LP+Bagasse) and Silostop[®] Orange oxygen barrier film covered with black polyethylene film (LP+Silostop). At the silo opening, silage was sampled at two depths from its surface (10 and 40 cm). The experiment was a factorial arrangement (3x2), with four replications, in which the factors were the seal type (3) and the sampled depth (2), totaling six treatments. LP sealing showed lower dry matter (DM) recovery than the other sealing strategies. Silage at 10 cm depth and LP sealing presented worse fermentative profile and higher yeast and filamentous fungi count. At 10 cm depth, LP sealing had lower estimated values of DM and organic matter digestibility as well as total digestible nutrients. Neutral detergent fiber content was higher and non-fiber carbohydrate content was lower at 10 cm depth. The 10 cm depth presented lower values of effective degradability. The use of sugarcane bagasse and Silostop[®] film to seal the silo ensured reduced losses, providing improvements in the fermentative profile and nutritional value of silages. The silo sealing strategy has an effect on the total loss and silage nutritional composition at the silo upper layer of the silo. The second experiment evaluated the effects of different corn silage sealing strategies on aerobic stability and feed value evaluated in finishing lambs. After 200 days silage storage evaluated in experiment I, the silo was opened and the material at the upper layer (0 - 50 cm depth) of the different sealing strategies was stored in approximately 150 L plastic drum silos (7 drums for each treatment). After 20 days of

storage, silages in the plastic drums began to be offered to the lambs. To evaluate the animal performance, 18 Dorper x Santa Inês crossbred lambs were used, 12 males and 6 females, with average initial body weight of 21.4 kg (\pm 2.27), distributed in blocks according to sex and initial body weight. The evaluation period consisted of 63 days until the animals reached average slaughter weight 35 kg. The diet consisted of corn silage, rehydrated corn and soybean silage, rehydrated corn silage and mineral supplement, with a 40:60 forage: concentrate ratio on a DM basis. For the aerobic stability evaluation, the experiment was carried out using a completely randomized design with four replications. The silage of LP+Silostop treatment presented higher values of lactic acid. The LP treatment silage presented the highest mean content of $\text{NH}_3\text{-N}$ and the highest aerobic stability. DM digestibility coefficients were lower in lambs fed a diet based on the LP treatment silage. No significant differences were detected between treatments for lamb performance and intake, but for final body weight, weight gain, daily average gain, feed efficiency and DM intake, the best results, in absolute value, were found for lambs fed silage from LP+Bagasse treatment. Net revenue from lamb carcass sales was higher in LP+Bagasse treatment, showing that proper sealing in investment decisions is critical to good results.

Key-words: aerobic deterioration, loss estimate, plastic film, sheep, weight gain.

I. INTRODUÇÃO GERAL

A conservação de forragens, na forma de silagem, tem sido uma técnica cada vez mais empregada, permitindo suprir a escassez de alimento no período seco do ano.

De maneira geral, no Brasil, as silagens são armazenadas principalmente em silos horizontais, do tipo trincheira ou superfície, pelas suas facilidades de manejo e custo de construção. No entanto, a grande relação superfície/volume faz com que os silos horizontais sejam mais susceptíveis a perdas durante o armazenamento, ocorrendo troca gasosa entre o silo e o ambiente.

A presença de oxigênio desencadeia a proliferação de microrganismos indesejáveis que se desenvolvem com base no consumo de substâncias energéticas presentes na forragem, levando a perdas no valor nutritivo da silagem e redução do consumo pelos animais (Lindgren et al., 1985).

Desta forma, a presença de filme plástico se torna relevante, visto que o mesmo é utilizado com o objetivo de reduzir a penetração de ar do ambiente externo para o interior da massa ensilada no silo. O material mais comum utilizado na vedação dos silos horizontais é o filme de polietileno, pelo seu baixo custo. Contudo, o polímero de polietileno apresenta permeabilidade ao oxigênio, que tende a aumentar com a elevação da temperatura. Desta forma, mesmo com boas condições de vedação, o uso de lonas plásticas de polietileno, podem não impedir a penetração de oxigênio nas áreas periféricas do silo, durante o período de armazenagem (Borreani; Tabacco; Cavallarin, 2007).

Visando sanar este problema, nos últimos diversos estudos têm buscado alternativas para reduzir as perdas durante a etapa de armazenagem por meio do uso de filmes plásticos com menor permeabilidade ao oxigênio e colocação de materiais de cobertura para reduzir a entrada de oxigênio na massa ensilada. Porém, o alvo dos trabalhos até o momento têm sido avaliar as perdas qualitativas e quantitativas das

silagens em relação ao tempo de estocagem, e poucas são as avaliações direcionadas para efeitos gerados no consumo e desempenho de animais alimentados com essas silagens.

1. Silagem

Por definição, silagem é o produto resultante da fermentação de culturas agrícolas, em condições de anaerobiose, cujo princípio básico é a fermentação de açúcares por bactérias, com produção de ácidos orgânicos e consequente redução do pH da massa ensilada (McDonald et al., 1991). O objetivo principal deve ser preservar o valor nutritivo da forragem o mais próximo do observado na planta que lhe deu origem e maximizar a quantidade de nutrientes ingeridos pelos animais.

Em geral, o processo de fermentação da silagem pode ser dividido em quatro fases, porém, as mesmas apresentam diferentes durações e intensidades e, portanto, não podem ser separadas precisamente uma da outra (Barnett, 1954).

Fase 1: Fase aeróbia no silo - Acontece durante o preenchimento e após o silo ser preenchido e vedado, com processos de respiração e proteólise. A respiração traduz-se no consumo dos açúcares da planta e conversão dos mesmos em dióxido de carbono e água, havendo a utilização de oxigênio e liberação de calor. Ao mesmo tempo, as proteases das plantas degradam as proteínas a aminoácidos e amônia, e em menor proporção, em peptídeos e amidas (McDonald et al., 1991).

O término desta fase acontece quando todo oxigênio residual é eliminado do meio. Quando o processo de ensilagem é realizado adequadamente, cumprindo-se com as condições ideais de umidade, tamanho das partículas, tempo de fechamento do silo, compactação e vedação, a fase aeróbia pode durar poucas horas (Wilkinson et al., 2003). Conforme citado por Pahlow et al. (2003), em um silo bem vedado o oxigênio presente na massa é consumido rapidamente por meio da respiração celular e pelos microrganismos aeróbios facultativos, em que 90% do oxigênio é removido em 15 minutos e menos de 0,5% permanece após 30 minutos. No entanto, um silo com vedação inadequada e mal compactado pode ter esta fase prolongada, levando a perdas significativas de matéria seca. Além disso, a liberação de calor pelo processo de respiração pode elevar muito a temperatura da massa ensilada, favorecendo a formação de produtos da reação de “Maillard” resultando em uma silagem de baixa qualidade nutricional.

Fase 2: Fermentação principal - Após o silo tornar-se um ambiente anaeróbio, a respiração das plantas e o desenvolvimento de bactérias aeróbias são cessados e se inicia o desenvolvimento de microrganismos anaeróbios, sendo esses os responsáveis pela conversão de açúcares solúveis em etanol, ácidos graxos voláteis, ácido lático e CO₂. É desejável que o processo de fermentação seja dominado pelas bactérias ácido lácticas (BAL), dado que, as BAL produzem o ácido lático como produto primário da fermentação de carboidratos solúveis. Por ser um ácido forte, o ácido lático é efetivo para o rápido declínio do pH e a manutenção da estabilidade da silagem durante a armazenagem no silo. Quanto mais rápida for a fermentação, com a acidificação da massa ensilada, menores serão as perdas de matéria seca e melhor será a qualidade da silagem. No entanto, fermentação lenta, resultará em silagem com alto teor de ácido acético e alto teor de nitrogênio solúvel/ N total, podendo também ocorrer fermentação butírica. De acordo com Pahlow et al. (2003), isso ocorre porque, no início da fase de fermentação, enterobactérias, clostrídeos e leveduras, podem competir com as BALs pelos açúcares solúveis. McDonald et al. (1991) afirmou que à medida em que a redução no pH, a atividade de enterobactérias e clostrídeos é inibida, havendo a dominância de fermentação por BAL. Essa segunda fase do processo de fermentação da silagem se prolonga até que o pH seja reduzido o suficiente para inibir o crescimento de todos os microrganismos.

Fase 3: Fase estável - Após o abaixamento do pH, a massa ensilada entra na fase estável, sendo está caracterizada pela baixa atividade microbiológica quando o silo se encontra bem vedado. A permeabilidade do silo ao oxigênio é um fator que afeta a qualidade da silagem durante essa fase. Pahlow et al. (2003) citam que o oxigênio que penetra no interior do silo é utilizado pelos microrganismos aeróbios refletindo em aumento nas populações de leveduras e fungos, perdas de matéria seca e aquecimento da massa ensilada.

Fase 4: Fase aeróbia pós-abertura - Conceitualmente a estabilidade aeróbia é definida como a resistência da massa de forragem à deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa deteriora após exposta ao ar (Jobim et al., 2007). Segundo Woolford (1984), é difícil manter a condição de anaerobiose do silo após a abertura do mesmo e virtualmente impossível quando o alimento é fornecido aos animais. De acordo com Honing, (1991), nesta fase, o oxigênio pode penetrar até uma profundidade em torno de 1 m no painel do silo, dependendo da densidade da silagem e forma de descarga do silo. Holmes (2009), afirmou que a densidade da massa ensilada é um fator determinante da qualidade final da silagem, pois aliada ao teor de matéria seca

da forragem indicam a porosidade do alimento, que condiciona a taxa de movimentação do ar e, conseqüentemente, o potencial de deterioração da silagem. Assim, nas áreas periféricas do silo os riscos de deterioração aumentam por serem regiões com intensas trocas gasosas e de difícil compactação, conseqüentemente menor densidade e maior porosidade da massa ensilada (Pitt; Muck, 1993). O fluxo de oxigênio permite que microrganismos aeróbios tornem-se ativos causando aquecimento e deterioração. O processo de deterioração aeróbia está associado, principalmente, com o desenvolvimento de fungos e leveduras. De forma geral, o mesmo inicia-se com leveduras, que oxidam açúcares e ácido láctico resultando na produção de CO₂, H₂O e calor, com conseqüente perdas de matéria seca, redução do valor nutritivo e quebra da estabilidade aeróbia da silagem (Borreani e Tabacco, 2010). Além disso, a degradação do ácido láctico resulta na elevação do pH da silagem, que por sua vez, desencadeia o crescimento de bactérias oportunistas e mofos, levando a redução ainda mais significativa da qualidade da silagem, podendo haver produção de micotoxinas (McDonald et al., 1991). Silagens bem preservadas com altas concentrações de ácido láctico e açúcares remanescentes são mais propensas a deterioração aeróbia que silagens de baixa qualidade com altas concentrações de ácido butírico e amônia (Weinberg; Muck, 1996; Woolford, 1990).

Pahlow et al. (2003) destacam que, a manutenção da anaerobiose e a queda do pH são as duas principais condições necessárias para que ocorra a preservação da forragem ensilada, visto que os microrganismos capazes de deteriorar a silagem são inibidos pelo efeito sinérgico dos ácidos produzidos durante a fermentação, pelo aumento da pressão osmótica e pela ausência de oxigênio (Woolford, 1990).

Para que uma fermentação adequada seja garantida, além de um ambiente de anaerobiose, é necessário a adoção correta de técnicas de ensilagem, como adequação do ponto ideal de colheita da planta forrageira, do tamanho da partícula (<2 cm), do rápido carregamento do silo, e da compactação para efetiva expulsão do oxigênio do interior da massa ensilada, até a vedação hermética do silo, visando evitar a infiltração de ar e/ou água (McDonald et al., 1991).

Do ponto de vista nutricional, o processo de ensilagem é responsável por importantes alterações na composição química da forragem. Neumann et al. (2007), atribuem a presença de oxigênio e conseqüente ativação de processos químicos, físicos e microbiológicos que atuam em detrimento ao valor nutritivo da silagem como o fator responsável pelas perdas de nutrientes da silagem. Segundo Savoie; Jofriet (2003), a presença de oxigênio no silo pode resultar em efeitos na qualidade da silagem de duas

formas, durante o armazenamento, sobre a camada superficial pelo crescimento de fungos e durante a desensilagem e fornecimento aos animais, quando está relacionado com a estabilidade aeróbia, geralmente caracterizada pelo aumento de temperatura.

De acordo com McDonald et al. (1991), as perdas resultantes do processo de produção de silagem podem ser causadas por diversos fatores, como a respiração, fermentação, produção de efluente no silo, deterioração aeróbia, e podem ser classificadas como evitáveis e inevitáveis. Aquelas perdas consideradas inevitáveis são oriundas do processo de respiração do oxigênio residual, do processo fermentativo, da produção de efluente e do processo de colheita no campo, podendo representar 7 a 10% da matéria seca. Enquanto as perdas evitáveis são resultantes de fermentação por microrganismos indesejáveis ou deterioração aeróbia durante o período de armazenamento ou após a abertura do silo.

1.1. Silagem de Milho

Dentre as espécies forrageiras destinadas a produção de silagem, o milho (*Zea mays*, L) é cada vez mais indicado, sendo a cultura de maior expressão no Brasil. A cultura do milho apresenta elevado potencial de produção de matéria seca e elevado valor nutritivo (Allen; Coors; Roth, 2003), destacando-se pelo alto conteúdo em energia e elevado custo de matéria seca, podendo ser considerado um alimento nobre.

Além disso, o milho possui características intrínsecas que o qualificam como uma planta de alta ensilabilidade, pois pode apresentar teores de carboidratos solúveis acima de 3% na matéria verde, possui baixa capacidade tampão e sua colheita é possível com teor de matéria seca próxima a faixa ideal, de 30 a 35% (Nussio et al., 2001).

Estas características propiciam a fermentação homolática, que é considerada ideal no processo de conservação das silagens, pois nessa rota fermentativa, uma molécula de glicose é convertida em duas de ácido láctico, esse processo não propicia perdas de matéria seca ou de energia, fatores estes que podem favorecer o consumo de animais (McDonald, 1991).

Almeida Filho (1996) afirmou que quando o processo de ensilagem é realizado adequadamente, a silagem de milho pode ter 80% do valor alimentício que existia no material verde original.

1.1.1. Filme plástico na vedação do silo

O grau de anaerobiose alcançado no interior do silo é o principal fator que exerce influência sobre a qualidade de conservação da silagem (Woolford, 1990, Jobim et al., 2013). Desta forma, a vedação do silo é essencial para preservação da massa ensilada, pois, impede a entrada de ar e água, evitando a ocorrência de fermentações indesejáveis e eventuais descartes de silagem após abertura do silo (Neumann et al., 2011).

A utilização de filme plástico na vedação de silos tem sido reportada desde a década de 1950. Inicialmente, o principal polímero utilizado para confecção de plástico para vedação foi o cloreto de polivinila (PVC). No entanto, o PVC foi rapidamente substituído pelo polietileno, sendo este, até os dias atuais o polímero mais empregado na vedação de silos horizontais (Borreani et al., 2007), em função, principalmente, de seu baixo custo e pelas suas características mecânicas (Borreani e Tabacco, 2008).

Contudo, o polietileno apresenta permeabilidade ao oxigênio, que tende a aumentar com a elevação da temperatura (Amaral, 2011). Borreani e Tabacco (2008), citam que o filme de polietileno com espessura de 180 μm apresenta permeabilidade ao oxigênio de 990 $\text{cm}^3 \text{m}^2$ em 24 h a temperatura de 23°C, com o aquecimento do material para 50°C a permeabilidade ao oxigênio aumenta para 3000 $\text{cm}^3 \text{m}^2$ em 24 h.

Assim, durante o período do verão, pelo aumento da permeabilidade nos filmes plásticos, as silagens tornam-se mais propensas à deterioração aeróbia (Miyazaki, 2008). Bernardes, Nussio e Amaral (2011) destacaram que existe correlação positiva entre perdas de matéria seca e a permeabilidade ao oxigênio dos filmes plásticos para vedação de silos. Ainda, conforme Bernardes et al. (2011), a permeabilidade ao oxigênio é a característica do filme plástico que mais influencia na deterioração aeróbia da massa ensilada. Desta maneira, espera-se que filmes com barreira ao oxigênio, reduzam a permeabilidade ao oxigênio e, conseqüentemente, apresentem efeitos benéficos sobre a deterioração aeróbia da silagem (Wilkinson e Fenlon, 2013).

Borreani et al. (2007) avaliaram dois tipos de filmes plásticos na vedação de silos horizontais do tipo trincheira; filme de polietileno convencional (PE) de 180 μm e filme de poliamida com barreira ao oxigênio (OB) de 125 μm . Os experimentos foram conduzidos em duas fazendas comerciais e os silos foram divididos em duas metades longitudinalmente e cada uma das metades foram vedadas com um dos filmes descritos anteriormente. Na primeira fazenda, as perdas foram 3,7 vezes menores para o filme OB. Na segunda fazenda, as perdas de matéria seca foram numericamente maiores na silagem vedada com o filme PE em comparação com o filme OB (9,0 e 5,9%, respectivamente), porém não houve diferença estatística. Para ambos os experimentos os valores de pH

foram menores e a estabilidade aeróbia foi melhorada para a silagem de milho armazenada sob o filme OB. Os autores concluíram que o filme OB pode auxiliar na redução de perdas de matéria seca em condições de fazenda, principalmente quando a taxa de remoção diária de silagem é inadequada.

A geração inicial de filme barreira ao oxigênio constituída pelo polímero de poliamida, apresentava características mecânicas semelhantes ao filme constituído pelo polímero de polietileno (Borreani; Tabacco; Deangelis, 2011). De acordo com Borreani et al. (2007), quando o polímero de poliamida é utilizado como polímero de barreira ao oxigênio, é necessário no mínimo 14 μm do mesmo na película coextrusada para se obter permeabilidade ao oxigênio de 100 $\text{cm}^3 \text{m}^2$ em 24 h, o que é 90% menor que os valores observados para o filme de polietileno mais espesso e comercialmente disponível. Ainda, em revisão, os mesmos autores citaram que em algumas experiências práticas foram observados problemas de fragilidade do plástico, quando o polímero de poliamida foi utilizado como filme de barreira ao oxigênio, tornando-se necessário a substituição da poliamida por outro polímero, o que foi considerado um avanço no sistema de cobertura.

Atualmente, o polímero etileno vinil álcool (EVOH), é polímero disponível no mercado que oferece a melhor barreira ao oxigênio. O EVOH combina altas propriedades de barreira com boas características mecânicas, tais como resistência à perfuração, resistência ao rasgo e flexibilidade (Borreani; Tabacco; Deangelis, 2011). Características estas que o tornam adequado para a produção de películas para uso agrícola, por meio de coextrusão com polietileno para produzir filmes plásticos com 20 a 200 μm de espessura. Outra característica importante é que o polímero de EVOH não possui cloro na sua molécula, limitando a produção de dioxinas, se eventualmente for queimado. “Dioxina” refere-se a um grupo de contaminantes orgânicos que estão entre as substâncias químicas mais tóxicas da atualidade (Teixeira, 2016).

No Brasil, o mercado de filmes segue as tendências utilizadas nos países americanos e tem sido voltado para o uso do sistema de vedação "2-step". Este método consiste na utilização de um filme com alta barreira ao oxigênio composto EVOH, de 45 μm de espessura, sem proteção UV, com sobreposição de uma lona de polipropileno (tarp) para proteção UV e danos mecânicos. Contudo, em razão do alto custo dessa lona de polipropileno no Brasil tem-se utilizado lonas convencionais sobre o filme de EVOH. Já, no mercado europeu prevalece o sistema de vedação conhecido como “1-step”, este consiste de somente um filme, com duas camadas externas de polietileno e uma camada central de EVOH, para a cobertura do silo (Santos, 2015).

Lima et al. (2017) conduziram um experimento objetivando avaliar dois métodos de vedação. O primeiro consistiu no revestimento de uma das paredes laterais do silo com um filme de 45 μm com alta barreira ao oxigênio (FBO), composta de PE e EVOH. Cerca de 2m desse filme foram deixados em excesso para que o mesmo pudesse ser colocado sobre o topo após o abastecimento total do silo. Após este procedimento, uma lona convencional de 200 μm (composta somente de PE) foi posicionada sobre o FBO. O segundo sistema de vedação consistiu na cobertura convencional (polietileno) de 200 μm , ou seja, não houve revestimento da outra parede com FBO. As silagens armazenadas sob o FBO apresentaram menores valores para pH, amônia e contagem microbiana, além de maiores valores para ácido lático e nutrientes digestíveis total (NDT). Os autores concluíram que o revestimento das paredes com FBO foi eficaz na redução de perdas nutricionais e de MS em silagens de milho que estão localizadas próximas às paredes de silos trincheira, e o risco de deterioração é considerado intenso e recorrente.

Borreani e Tabacco (2014) testaram dois métodos de vedação: filme com alta barreira ao oxigênio (HOB) de 130 μm (composta de PE e EVOH) e filme dupla face de polietileno (PE) de 200 μm . Foram utilizados dois silos horizontais do tipo trincheira, em duas fazendas. Na fazenda 1, o silo apresentava 19 m de comprimento x 8 m de largura x 2,6 de altura e capacidade de cerca de 180 toneladas de forragem fresca. Na fazenda 2, o silo apresentava as seguintes dimensões: 60 m de comprimento x 10 m de largura x 4,7 m de altura e capacidade de aproximadamente 1.800 toneladas de forragem fresca. Os silos foram divididos longitudinalmente, sendo que cada uma das metades foi vedada com um dos filmes descritos anteriormente. Em ambos os silos, houve maior teor de ácido lático, menor pH, menor contagem de microrganismos, maior estabilidade aeróbia, e menores perdas de matéria seca para silagens vedadas com o filme HOB. Desta forma, os autores concluíram que a qualidade da silagem foi melhorada pela utilização do filme HOB.

Uma maneira de aprimorar o filme plástico utilizado na vedação do silo é proteger o mesmo com algum outro material como terra, areia, cascalho ou pneu, que vão aumentar a adesão entre este e a massa ensilada, diminuindo assim, a incidência de raios solares e trocas gasosas com o ambiente. Contudo, a utilização de algum material pode representar grande demanda de mão de obra, seja durante a vedação ou na retirada da silagem, principalmente quando o silo é de grande porte, e ainda, dependendo de sua disponibilidade, para aquisição no mercado, elevará o custo de produção da silagem. Por estes motivos, segundo Amaral (2011), quando materiais extras não são adicionados na

cobertura, o filme plástico passa a assumir uma contribuição mais expressiva na etapa de vedação do silo, objetivando a redução da penetração de ar do ambiente para o interior.

Ainda, de acordo com Bernardes et al. (2009), cobrir o filme plástico também auxilia na diminuição da temperatura nas regiões periféricas dos silos, reduzindo desta forma, o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e a permeabilidade do filme ao oxigênio. Uma vez que quanto maior a temperatura, maior a permeabilidade do filme plástico. Para isso outros materiais, além dos já citados, podem ser usados como bagaço de cana.

Amaral et al. (2014), avaliaram o valor nutritivo e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho conservada sob quatro métodos de vedação: filme de barreira ao oxigênio de 45 μm de espessura, recoberto com filme de polietileno dupla face de 200 μm de espessura; filme de polietileno dupla face de 200 μm de espessura; filme de polietileno preto de 200 μm de espessura; filme de polietileno preto reciclado de 200 μm de espessura coberto com uma camada de 10 cm de bagaço de cana. Foram utilizados quatro silos horizontais idênticos (15 m de comprimento x 4 m de largura, com paredes de 1,80 m de altura) e capacidade de aproximadamente 60 toneladas, sendo que cada um deles foi vedado com um dos métodos de vedação descritos anteriormente. A quantidade de silagem deteriorada descartada diariamente foi menor nos tratamentos que utilizaram o filme de barreira ao oxigênio de 45 μm de espessura e filme de polietileno preto reciclado de 200 μm de espessura coberto com camada de 10 cm de bagaço de cana. Para composição química, perfil fermentativo e a contagem de leveduras e mofos não houve diferença significativa entre os tratamentos. A silagem conservada sob o filme de polietileno preto reciclado de 200 μm de espessura coberto com uma camada de 10 cm de bagaço de cana registraram menor temperatura durante o período de armazenamento. O consumo de matéria seca foi similar entre os tratamentos. A média de produção de leite foi superior para as vacas alimentadas com silagem de milho vedada com o filme de polietileno preto reciclado de 200 μm de espessura coberto com uma camada de 10 cm de bagaço de cana (34,4 kg/d) em comparação às silagens de milho vedadas com filme de polietileno preto de 200 μm de espessura (30,4 kg/d), resultando em maior eficiência alimentar para o tratamento da silagem de milho vedada com o filme de polietileno preto coberto com uma camada de bagaço de cana. Dessa forma, os autores concluíram que, a utilização de filme de barreira ao oxigênio e a proteção do filme de polietileno com bagaço de cana são estratégias eficazes para aumentar a recuperação de nutrientes

digestíveis e, conseqüentemente, aumentar a eficiência produtiva de vacas leiteiras em lactação.

Bispo (2013), conduziu dois experimentos para avaliar a qualidade de silagens de milho confeccionadas com diferentes filmes de vedação e desempenho produtivo de vacas em lactação. No primeiro experimento, foram utilizados três silos do tipo trincheira (4,0 m base menor x 4,5 m base maior x 12 m de comprimento x 1,80 m de altura) e capacidade para cerca de 40 toneladas de forragem fresca, vedados de três formas distintas (ET + AD_{NC}: filme coextrusado dupla face de poliamida e polietileno com 120 µm de espessura; ET_{NC}: filme dupla face de polietileno com 200 µm de espessura e ET_C: filme dupla face de polietileno com 200 µm de espessura recoberto com camada de 10 cm de bagaço de cana). Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a composição bromatológica, porém, para os teores de MS, FDA, amido, hemicelulose e DVIVMO, os piores resultados, em valor absoluto, foram encontrados nas regiões periféricas dos silos. A quantidade de silagem deteriorada foi menor para o tratamento ET_C. A recuperação de matéria seca não foi influenciada pelos tratamentos, porém houve tendência de maior recuperação para os tratamentos ET_{NC} e ET_C. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a temperatura das silagens, porém foi observado que as silagens provenientes das regiões periféricas apresentaram temperaturas mais elevadas. A contagem de bactérias ácido lácticas, fungos filamentosos e leveduras não foi influenciada pelos tratamentos, no entanto a população de fungos filamentosos foi maior na periferia dos silos, enquanto a de bactérias ácido lácticas foi maior no centro. No segundo experimento, foram testados três métodos de vedação: ET_{NC}: filme dupla face de polietileno com 200 µm de espessura; ET_C: filme dupla face de polietileno com 200 µm de espessura recoberto com camada de 10 cm de bagaço de cana; OS: filme coextrusado de polietileno e poliamida com 125 µm de espessura (Silostop®). Foram utilizados três silos do tipo trincheira com capacidade individual para cerca de 40 toneladas de forragem fresca, sendo que cada um deles foi vedado com um dos métodos de vedação descritos anteriormente. Os tratamentos OS e ET_C apresentaram maior eficiência energética, enquanto os tratamentos OS e ET_{NC} tiveram tendência de maior produção de leite corrigido para 3,5% de gordura e excreção de energia no leite, da mesma forma, a excreção de proteína no leite também foi aumentada. Dessa maneira, o autor concluiu que a adição de cobertura de bagaço sobre o filme auxilia na redução de perdas de matéria seca e os tratamentos OS e ET_{NC} foram efetivos em maximizar o desempenho das vacas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, M.S.; COORS, J.G.; ROTH, G.W. Corn silage. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 2003. chap. 12, p.547-608. (Agronomy, 42).
- ALMEIDA FILHO, S.L. **Avaliação dos cultivares de milho (*Zea mays* L.) para silagem**. Viçosa, MG: UFV, 1996. 53p.
- AMARAL, R.C. **Estratégias de controle da deterioração aeróbia em silagem de milho e seu valor alimentício para vacas em lactação**. 2011. 173p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- AMARAL, R.C.; SANTOS, M.C.; DANIEL, J.L.P.; NETO, A.; BISPO, A.W.; GARCIA, E.H.C.; BERNARDES, T.F.; NUSSIO, L.G. The influence of covering methods on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.471-478, 2014.
- BARNETT, A.J.G. **Silage fermentation**. New York: Academy Press, 1954.
- BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C.; NUSSIO, L.G. Sealing strategies to control the top losses in horizontal silos. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, São Pedro. **Proceedings**. São Pedro, 2009, p.190-209.
- BISPO, A.W. **Qualidade de silagens de milho confeccionadas com diferentes filmes de vedação e desempenho produtivo de vacas em lactação**. 2013. 104p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.97, p.2415-2426, 2014.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. Low permeability to oxygen of a new barrier film prevents butyric acid bacteria spore formation in farm corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.4272-4281, 2008.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2620-2629, 2010.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; CAVALLARIN, L. A new oxygen barrier film reduces aerobic deterioration in farm-scale corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.90, p.4701-4706, 2007.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; DEANGELIS, D. Special EVOH: based films improve quality and sanity of farm corn silage. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AGRICULTURAL AND HORTICULTURAL FILM INDUSTRY, 1, 2011, Barcelona. **Proceedings**. Barcelona: Applied Market Information Ltda, 2011. p.1-15.

HOLMES, B.J. Software applications for sizing silos to maximize silage quality. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2009. São Pedro, SP. **Proceedings**. Piracicaba: Fealq, 2009. p.189-208.

HONIG, H. **Reducing losses during storage and unloading of silage**. Landbauforschung Volkenrode, Sonderheft, v.123, p.116-128, 1991.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios Básico da Fermentação na Ensilagem. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - Me, 2013. Cap.40. p.649-660.

LIMA, L.M.; SANTOS, dos J.P.; CASAGRANDE, D.R; ÁVILA, C.L.S.; LARA, M.S.; BERNARDES, T.F. Lining bunker walls with oxygen barrier film reduces nutrient losses in corn silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.100, p.4565-4573, 2017.

LINDGREN, S.; PETTERSON, K.; KASPERSON, A.; LINGVALL, P. Microbial Dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.765-774, 1985.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. Ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340p.

MIYAZAKI, M.K. **Uso de aditivo e de filme plástico no controle da fermentação e da deterioração aeróbia de silagem de milho**. 2008. 92p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P.R.F.; NORNBORG, J.L.; OST, P.R.; RESTLE, J.; SANDINI, I.E.; ROMANO, M.A. Características da fermentação da silagem obtida em

diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.847-854, 2007.

NEUMANN, M.; OLIVEIRA, M.R.; ZANETE, P.M.; UENO, R.K.; MARAFON, F.; SOUZA, M.P. Aplicação de procedimentos técnicos na ensilagem do milho visando maior desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 4, 2011, Maringá. **Anais**. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2011. p.95-130.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F.N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. **Anais**. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p.127-145.

OLIVEIRA, J.S.; SOBRINHO, F.S.; REIS, F.A.; SILVA, G.A.; ROSA FILHO, S.N.; SOUZA, J.J.R.; MOREIRA, F.M.; PEREIRA, J.A.; FIRMINO, W.G. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho destinados à silagem em bacias leiteiras do estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.1, p.45-50, 2007.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage Science and technology**. Madison: Wisconsin, USA: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.31-94.

PITT, R.E.; MUCK, R.E. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Oxford, v.55, p.11-26, 1993.

SANTOS, dos J.P. **Utilização de filme de baixa permeabilidade ao oxigênio no revestimento das paredes de silos trincheira**. 2015. p.55. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SAVOIE, P.; JOFRIET, J.C. Silage Storage. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. **Silage Science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.405-468.

TEIXEIRA, C.E.F. **Rendimento, valor nutritivo e qualidade sensorial de silagens de cereais de inverno elaboradas com diferentes cargas de compactação e filmes plásticos**. 2016. p.170. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v.19, p.53-68, 1996.

WILKINSON, J.M.; BOLSEN, K.K.; LIN, C.J. **History of silage: silage science and technology**. Madison: ASA, 2003. p.1-30.

WILKINSON, J. M.; FENLON, J. S. A. Meta-analysis comparing standard polyethylene and oxygen barrier film in terms of losses during storage and aerobic stability of silage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.69, p.385-392, 2013.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, Malden, v.68, p.101-116, 1990.

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

II. OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os efeitos de diferentes estratégias de vedação de silagem de milho, armazenada em silo trincheira, sobre a qualidade destas silagens, em relação as perdas no armazenamento, perfil fermentativo, valor nutricional, estabilidade aeróbia e desempenho de cordeiros em terminação.

III. Valor nutricional e perdas no armazenamento de silagens de milho com diferentes estratégias de vedação do silo

(Normas: Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Resumo - Objetivou-se avaliar as perdas de matéria seca, perfil fermentativo e o valor nutricional de silagens de milho, em três diferentes estratégias de vedação (LP = lona preta de polietileno; LP+Bagaço = lona preta de polietileno + bagaço de cana; e LP+Silostop = filme de barreira de oxigênio Silostop® Orange + lona preta de polietileno). Na abertura do silo, a silagem foi amostrada em duas profundidades em relação à superfície de um silo trincheira (10 e 40 cm). A vedação com LP mostrou recuperação de matéria seca inferior as demais estratégias de vedação. A silagem na profundidade 10 cm e a vedação com LP apresentaram pior perfil fermentativo e maior contagem de leveduras e fungos filamentosos. Na profundidade 10 cm, a vedação com LP teve menores valores estimados de DMS, DMO e NDT. Os teores de FDN foram superiores e os de CNF inferiores na profundidade 10 cm. O uso de bagaço de cana e do filme Silostop® na vedação do silo asseguraram diminuição das perdas, proporcionando melhorias no perfil fermentativo e no valor nutricional das silagens. A estratégia de vedação do silo tem efeito nas perdas totais e na composição nutricional da silagem na camada superior do silo.

Termos para indexação: estimativa de perdas, deterioração aeróbia, filme plástico, forragem.

Nutritional value and storage losses of corn silage with different silo sealing strategies

Abstract -The objective of this study was to evaluate dry matter losses, fermentation profile and nutritional value of corn silage in three different sealing strategies (LP = black polyethylene film; LP + Bagasse = black polyethylene film + sugarcane bagasse; and LP + Silostop = Silostop® Orange oxygen barrier film + black polyethylene film). At the silo opening, silage was sampled at two depths from the surface of a trench silo (10 and 40 cm). LP sealing showed lower dry matter recovery than the other sealing strategies. Silage at 10 cm depth and LP sealing presented worse fermentative profile and higher yeast and filamentous fungi count. At 10 cm depth, LP sealing had lower estimated values of DMD, OMD and TDN. NDF content was higher and NFC content was lower at 10 cm depth. The 10 cm depth presented lower values of effective degradability. The use of sugarcane

bagasse and Silostop[®] film to seal the silo ensured reduced losses, providing improvements in the fermentative profile and nutritional value of silages. The silo sealing strategy has an effect on total loss and silage nutritional composition at the silo upper layer.

Index terms: aerobic deterioration, forage, loss estimate, plastic film.

Introdução

A conservação de forragens na forma de silagem depende, dentre outros fatores, da vedação eficiente do silo. Falhas na vedação podem comprometer a eficiência na conservação de forragens, dado que, a silagem é um alimento produzido sob condições anaeróbias. O ingresso de ar na massa é crítico, pois o oxigênio beneficia os microrganismos indesejáveis, principalmente as leveduras e fungos filamentosos, causando perdas de importantes componentes nutricionais, além de promover redução na qualidade higiênica da silagem, e aumento de custos de produção.

Desta forma, o filme plástico utilizado na vedação dos silos apresenta uma contribuição expressiva, visto que o mesmo é utilizado com o intuito de reduzir a penetração de ar do ambiente externo para o interior do silo. O filme de polietileno tem sido o material mais comumente utilizado na vedação de silos, exemplo da lona preta, principalmente em função de seu baixo custo. Contudo, as pesquisas mostram que o polímero de polietileno apresenta permeabilidade ao oxigênio, que tende a aumentar com a elevação da temperatura. Desta forma, a proteção fornecida por este material é altamente variável podendo sofrer alterações durante o período de armazenamento, deixando o topo do silo exposto a deterioração.

Nos últimos anos, tem-se buscado alternativas para conter as perdas durante a estocagem das silagens. Novos filmes já estão disponíveis ou em processo de desenvolvimento, a exemplo do filme de polímero etileno vinil álcool que é utilizado para cobrir a silagem. Amaral (2014) destaca, que além da importância da qualidade do filme plástico, a proteção do mesmo pode trazer benefícios, reduzindo a incidência de raios solares e as trocas gasosas com o ambiente, além de provocar adesão entre a lona e a massa ensilada, dificultando o caminho do oxigênio na massa.

Nesse contexto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes estratégias de vedação nas perdas de matéria seca durante a estocagem, no perfil fermentativo e na composição químico-bromatológica de silagens de milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), em Maringá – PR (23° 25' 38" Sul; 51° 56' 15" Oeste) e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), ambos pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

A cultura do milho (híbrido DKB 177) foi semeada nas dependências da FEI e quando a mesma atingiu média de 29% de matéria seca, procedeu-se a ensilagem. As plantas foram colhidas mecanicamente com colhedora de forragem, tracionada por trator, regulada para corte com tamanho teórico de partículas de 10 mm. A forragem foi transportada e compactada em um silo horizontal do tipo trincheira, com dimensões de 4,85 m largura x 18 m de comprimento e 1,6 m de profundidade (139,68 m³). Imediatamente após as etapas de abastecimento e compactação, o silo foi dividido transversalmente em três partes iguais (29,0 m²) em que foram impostas três diferentes estratégias de vedação, sendo:

- 1) Lona preta de polietileno de 200 µm (LP);
- 2) Lona preta de polietileno de 200 µm, com adição de uma camada de cerca de 10 cm de bagaço de cana por toda a extensão do filme (LP + Bagaço);
- 3) Filme de barreira de oxigênio de 45 µm (Silostop® Orange), recoberto com lona preta de polietileno de 200 µm (LP + Silostop);

Como tratamentos, foram utilizadas as três estratégias de vedação descritas anteriormente e duas profundidades de amostragem (10 e 40 cm), a partir da superfície do silo, totalizando seis tratamentos.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial (3x2), com quatro repetições, sendo os fatores, o tipo de vedação (3) e a profundidade (2). O delineamento experimental utilizado na avaliação da densidade da silagem foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), utilizando-se o PROC MIXED do SAS, versão 9.4.

Para a avaliação das perdas durante o armazenamento das silagens, foram posicionados durante o abastecimento do silo 24 sacos de náilon (sacos traçadores), quatro em cada tratamento, contendo aproximadamente 300 g de forragem em cada. A disposição dos sacos traçadores foi realizada mantendo a distância de 0,5 m, contados a partir das paredes laterais do silo nas duas profundidades de amostragem (10 e 40 cm), a partir da superfície do silo. Decorridos 200 dias de armazenamento, o silo foi aberto e os

sacos traçadores recuperados e pesados. Posteriormente, todos os sacos foram levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, sendo então, novamente pesados e as amostras moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo. Os teores de matéria seca (MS) foram determinados de acordo com a AOAC (1990) e a recuperação de matéria seca conforme a equação proposta por Bolsen (1997): $RMS = ((MF_i \times MS_f) / (MF_f \times MS_i)) \times 100$, em que: RMS = recuperação de matéria seca (%); MF_i = massa de forragem inicial (g); MS_i = teor de matéria seca inicial (%); MF_f = massa de forragem final (g); MS_f = teor de matéria seca final (%).

Durante a ensilagem, a forragem foi amostrada e dividida em duas subamostras. A primeira subamostra foi pesada e seca em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Após este período, as amostras foram novamente pesadas, moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo e acondicionadas em frascos de plástico. A partir das amostras secas e moídas foram determinados os teores de MS, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) conforme Association of Official Analytical Chemist – AOAC (1990), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Van Soest et al. (1991). O extrato etéreo (EE) foi determinado com base na extração a quente com éter de petróleo em extrator do tipo Soxhlet da marca Solab. Os carboidratos totais (CT) foram calculados conforme metodologia descrita por Sniffen et al. (1992), sendo que: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e os carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pela subtração da fibra em detergente neutro corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteína (FDN_{cp}) dos CT. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados pela equação: $NDT = 87,84 - (0,7 \times FDA)$, conforme Undersander et al. (1993) e digestibilidade da matéria seca (DMS) e digestibilidade da matéria orgânica (DMO) foram estimadas por meio das equações propostas por Cappelle et al. (2001), em que: $DMS = (8,0412 + NDT) / 1,1725$ e $DMO = (11,9095 + NDT) / 1,1369$.

A segunda subamostra foi utilizada nas avaliações microbiológicas. As populações de bactérias e fungos foram determinadas segundo Silva et al. (1997). Para a cultura de bactérias ácido lácticas (BAL) usou-se o meio seletivo Lactobacillus MRS Broth. As placas foram alocadas em incubadora BOD com temperatura ajustada em 30°C por 48 horas. O meio utilizado para o plaqueamento de leveduras e fungos filamentosos foi o Potato Dextrose Ágar e as placas foram colocadas em incubadora BOD a 23°C por 48 e 120 horas, respectivamente. Após o período de incubação as colônias foram contadas, utilizando-se um contador de colônias Quebec, sendo passíveis de serem

contadas as placas que apresentaram entre 20 e 300 UFC (Unidade Formadora Colônia) por placa de petri e os resultados foram obtidos por meio de média das placas, na diluição selecionada, e expressos em logaritmo na base 10.

Nas Tabelas 1 e 2, estão apresentadas a composição químico-bromatológica e a presença de microrganismos da planta de milho no momento da ensilagem.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica da forragem de milho no momento da ensilagem

MS %	MM	PB	FDN	EE	CT	CNF	NDT	DMS	DMO
-----% Matéria seca-----									
28,94	4,40	8,19	50,88	2,98	84,41	36,41	68,02	64,86	70,3

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais; DMS: digestibilidade da matéria seca; DMO: digestibilidade da matéria orgânica.

Tabela 2. Presença de microrganismos da forragem de milho no momento da ensilagem

Bactérias ácido láticas	Leveduras	Fungos filamentosos
-----Log UFC/g-----		
5,63	3,83	3,40

UFC: unidade formadora de colônia.

Na abertura do silo, coletaram-se amostras de aproximadamente 300 g de silagem nos seis tratamentos, com quatro repetições, e em seguida pré-secadas, em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm de crivo e acondicionadas em frascos de plástico. Para o estudo da degradabilidade ruminal da matéria seca, as amostras foram processadas em moinho tipo Willey, com peneira de 2 mm de crivo.

Foram realizadas as determinações dos teores de MS, MM e PB segundo a AOAC (1990), FDN e FDA, de acordo com Van Soest et al. (1991), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) conforme metodologia desenvolvida por Van Soest (1965). O teor de matéria orgânica (MO) foi obtido por diferença: $MO = (100 - \%MM)$. O EE foi determinado com base na extração a quente com éter de petróleo em extrator do tipo Soxhlet da marca Solab. A determinação da lignina foi realizada por meio do método da lignina em detergente ácido, no qual a amostra anteriormente utilizada para a determinação da FDA passa por digestão em solução de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 72%), que solubiliza a celulose. Os teores de NDT foram estimados pela equação: $NDT = 87,84 - (0,7 \times FDA)$, conforme Undersander et al. (1993) e DMS e DMO foram estimados por meio das equações

propostas por Cappelle et al. (2001), onde: $DMS = (8,0412 + NDT) / 1,1725$ e $DMO = (11,9095 + NDT) / 1,1369$.

As estimativas das frações que compõem os CT foram determinadas conforme Sniffen et al. (1992), calculados como segue: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. A fração C foi estimada pela fórmula: $100 * [FDN (\%MS) * 0,01 * Lignina (\%FDN) * 2,4] / CT (\%MS)$ e a fração B2 foi calculada pela equação: $100 * [FDN (\%MS) - PIDN (\%PB) * 0,01 * PB (\%MS) - FDN (\%MS) * 0,01 * Lignina (\%FDN) * 2,4] / CT (\%MS)$, em que PIDN representa o teor de proteína bruta insolúvel em detergente neutro. As frações de carboidratos com rápida taxa de degradação ruminal (A + B1) foram determinadas pela diferença entre $100 - (fração C + B2)$.

Os CNF foram obtidos pela subtração da fibra em detergente neutro corrigida para seu conteúdo de cinzas e proteína (FDN_{cp}) dos CT.

Para o fracionamento de proteína, a fração “A” foi determinada após tratamento da amostra com ácido tricloroacético (TCA) a 10%, conforme relatado por Licitra et al. (1996). A fração “B3” foi obtida pela diferença entre os teores de NIDN e NIDA, enquanto a proteína verdadeira (frações B1 + B2) foi obtida pela diferença entre a fração A e o teor de NIDN. A fração “C” foi considerada NIDA.

Para avaliação das características fermentativas e microbiológicas, realizou-se uma segunda amostragem das silagens na abertura do silo. No momento da retirada de cada amostra de silagem no silo, foi realizado a aferição da temperatura em cada ponto de coleta (4 pontos por tratamento) com o auxílio de termômetro digital tipo espeto.

As leituras de pH foram realizadas com o uso de um peagâmetro digital, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, sendo realizado a leitura do pH via infusão de 25 g de amostra de silagem em 225 mL de água destilada, segundo metodologia descrita por Kung Jr. et al. (1984). A determinação da concentração de ácido láctico foi realizada por meio do método espectrofotométrico (565 nm) de Pryce (1969) e amônia conforme Chaney e Marback (1962).

As populações de leveduras e fungos filamentosos foram determinadas segundo Silva et al. (1997). O meio utilizado para o plaqueamento de leveduras e fungos filamentosos foi o Potato Destrose Ágar. As placas foram alocadas em incubadora BOD a 23°C por 48 e 120 horas, respectivamente. Após o período de incubação as colônias foram contadas, utilizando-se um contador de colônias Quebec, sendo passíveis de serem contadas as placas que apresentaram entre 20 e 300 UFC por placa de petri e os resultados

foram obtidos por meio de média das placas, na diluição selecionada, e expressos em logaritmo na base 10.

A degradabilidade *in situ* da matéria seca das silagens foi estudada utilizando três vacas da raça holandesa, com peso vivo médio de aproximadamente 520 kg e providas de cânula ruminal. Foram utilizados sacos de náilon com poros de 50 µm de diâmetro, nas dimensões de 10 x 20 cm. Todos os sacos, antes do período de incubação, foram colocados em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 24 horas, retirados e colocados em dessecador até resfriarem, sendo então pesados. Os sacos de náilon contendo 5,0 g de amostras das silagens foram submetidos a sete períodos de incubação ruminal (0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas), sendo introduzidos diretamente no rúmen, em ordem decrescente, em triplicata. Os sacos foram presos a uma barra cilíndrica de ferro inoxidável suspensa por uma corrente fina de 60 cm de comprimento. No tempo de 0h, os sacos contendo as amostras de silagem foram pré-incubados num recipiente com água. Imediatamente após serem retirados do rúmen, os sacos foram imersos em água com gelo para cessar a atividade microbiana, e, posteriormente, lavados em água corrente em temperatura ambiente até que essa se mostrasse límpida. Após a lavagem, os sacos foram colocados em bandejas e levados para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, sendo então, transferidos para dessecador durante 30 minutos e pesados.

Para a avaliação dos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca, foi utilizado a equação descrita por Orskov e McDonald (1979): $p = a + b(1 - e^{-ct})$, em que: p = taxa de degradação no tempo t; a = fração solúvel em água; b = fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável; c = a taxa de degradação da fração b; t = tempo de incubação em horas; A letra “e” é o log natural de (-ct).

A degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca foi calculada usando a seguinte equação: $DE = a + (b * c/c + k)$, em que: k é a velocidade da passagem de partículas no rúmen. A DE da matéria seca, foi estimada para cada silagem, levando em consideração as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/h, valores que podem ser atribuídos aos baixos, médios e altos níveis de consumo, respectivamente. A degradabilidade potencial (DP) foi calculada usando a seguinte equação: $DP = a + b$.

Os parâmetros de degradação ruminal *in situ* foram estimados utilizando o processo iterativo de Gauss-Newton por meio do procedimento para modelos não lineares (PROC NLIN) do programa Statistical Analysis System - SAS, versão 9.1.

A densidade da silagem foi avaliada no estrato superior do silo na profundidade de 0 a 20 cm, nas três diferentes estratégias de vedação impostas. As medidas de

densidade foram feitas com o auxílio de um cilindro metálico com 10 cm de diâmetro x 20 cm de comprimento, com borda cortante serrilhada acoplado a uma motosserra, como em estudo desenvolvido por Kruger (2012). A profundidade utilizada para o cálculo do volume de amostra retirada foi medida com régua no orifício deixado após a retirada do cilindro da superfície do silo. Assim, considerando o volume do cilindro e o peso da massa retirada pode-se determinar a densidade para cada ponto (4 pontos por estratégia de vedação) na superfície do silo avaliado. A densidade foi determinada para o material verde e para o material seco em estufa a 55°C por 72 horas.

Resultados e Discussões

No momento da ensilagem (Tabela 1), os teores de matéria seca (média de 28,94% MS), apresentaram valores inferiores aos recomendados para ensilagem de milho (32 a 35% de MS). As forragens colhidas com teor de MS abaixo de 28% podem tornar a massa ensilada mais susceptível ao desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, enquanto, a colheita da planta com teor de MS acima de 36%, ocasionará dificuldade de compactação e, conseqüentemente, aumento da porosidade da massa. Cabe salientar que, quanto maior a porosidade da massa, mais facilmente o ar poderá penetrar no seu interior, ocasionando o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e perda de qualidade (Nussio et al., 2001). Os resultados encontrados para as demais variáveis avaliadas na forragem de milho no momento da ensilagem, estão em consonância com os valores normalmente registrados na literatura.

Para recuperação de matéria seca (RMS), houve interação ($p < 0,05$) entre os fatores estratégia de vedação e profundidade de amostragem (Tabela 3).

Tabela 3. Desdobramento da interação entre estratégia de vedação x profundidade de amostragem para recuperação de matéria seca (RMS)

Estratégia de vedação	Profundidade		EPM	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V X P
	RMS, %					
LP	58,57Cb	81,26Ba				
LP + Bagaço	81,46Bb	88,79Aa	16,47	<0,001	<0,001	<0,001
LP + Silostop	90,70Aa	90,44Aa				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

Na profundidade 10 cm, a silagem vedada com LP apresentou a menor RMS. Já na profundidade 40 cm, constatou-se que a vedação com LP mostrou alta recuperação de MS, porém ainda inferior as demais estratégias de vedação. A recuperação de MS é uma medida que expressa o quanto de MS é retirado do silo em relação à quantidade de alimento depositada no momento da ensilagem.

Observando-se os valores da RMS no presente estudo, notou-se que, a adição do bagaço de cana sobre a lona preta de polietileno refletiu na redução de incidência de raios solares sobre a mesma, e desta forma, contribuiu para impedir o elevado aquecimento da lona, tornando a permeabilidade da lona ao oxigênio menor, visto que esta é dependente de temperatura (Borreani e Tabacco, 2008). Constatou-se, também, que a utilização do filme de barreira de oxigênio Silostop® Orange foi efetivo na redução das perdas de MS. A baixa polaridade das moléculas de CO₂ e O₂ possui pouca interação com as moléculas polarizadas encontradas nas camadas deste polímero. Essa menor interação dos gases com a superfície do filme combinada com regiões cristalinas presentes no plástico, reduz as taxas de permeabilidade desses gases (Stern et al., 1987). Possivelmente, são estes os fatores que contribuíram para que as silagens vedadas com LP+Silostop e LP+Bagaço apresentassem valores superiores para a RMS.

Para silagem vedada com LP+Silostop, observou-se que os valores de RMS não diferiram entre as profundidades avaliadas. Dessa forma, ficou evidente os benefícios do uso do filme de barreira de oxigênio Silostop® Orange para a redução da troca gasosa entre a massa ensilada e o ambiente. Destaca-se que, a silagem da superfície do silo é mais propensa a deterioração, devido ao efeito da menor compactação e da maior penetração de oxigênio nesta região. Assim, a menor RMS na profundidade 10 cm, para as silagens vedadas com LP e LP+Bagaço, deve-se a essa maior infiltração de oxigênio na camada superior do silo, associado a menor densidade.

As medidas de temperatura, na abertura do silo, revelaram em ambas profundidades, que a silagem vedada com LP apresentou os maiores valores médios (Tabela 4). Possivelmente, a maior temperatura da silagem vedada com LP, pode ser atribuída à incidência direta do sol e maior contagem de microrganismos aeróbios, principalmente a contagem de leveduras que foi maior para esta estratégia de vedação. Desta forma, em decorrência do metabolismo desses microrganismos, houve acréscimo na temperatura da silagem na camada superficial. Verificou-se, ainda, que independentemente de estratégia de vedação, todas as silagens apresentaram maiores valores médios de temperatura na profundidade de 10 cm em relação a 40 cm.

Tabela 4. Desdobramento da interação para as variáveis relativas ao padrão de fermentação das silagens

Estratégia de vedação	Profundidade		EPM	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V X P
Temperatura, °C						
LP	28,70Aa	21,60Ab				
LP + Bagaço	23,47Ba	19,17Bb	1,31	<0,001	<0,001	0,0352
LP + Silostop	25,15Ba	18,00Bb				
pH						
LP	6,01Aa	3,73Ab				
LP + Bagaço	3,80Ca	3,58Bb	0,002	<0,001	<0,001	<0,001
LP + Silostop	3,95Ba	3,68Ab				
N-NH ₃ , %NT						
LP	4,25Aa	3,51Ab				
LP + Bagaço	2,81Ba	2,79Ba	0,107	<0,001	0,0983	0,0493
LP + Silostop	2,46Ba	2,52Ba				
Leveduras, UFC/g						
LP	5,80Aa	4,90Ab				
LP + Bagaço	4,50Ba	3,90Bb	0,076	<0,001	0,0023	0,0011
LP + Silostop	3,35Ca	3,65Ba				
FF, UFC/g						
LP	4,10Aa	3,05Ab				
LP + Bagaço	3,30ABa	2,55Ab	0,058	<0,001	<0,001	0,0486
LP + Silostop	2,90Ba	2,50Ab				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); N-NH₃: nitrogênio amoniacal; NT: nitrogênio total; FF: fungos filamentosos; UFC: unidade formadora de colônia; EPM: erro padrão da média; LP: lona preta de polietileno de 200 μ m; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μ m + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μ m Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μ m.

Quanto ao pH das silagens (Tabela 4), os resultados encontrados possibilitam conjecturar de que tenha ocorrido adequado processo fermentativo, exceto para a silagem vedada com LP, na profundidade 10 cm, que apresentou valor de pH elevado. Esse resultado evidencia padrão de fermentação inadequado, o que não é característico de silagens bem conservadas. O elevado valor de pH nessa silagem, é indicativo de que a estratégia de vedação em que foi usada a lona preta de polietileno exclusiva, apresentou maior penetração de oxigênio na massa ensilada, o que associado a menor DE (Tabela 6), possibilitou o maior desenvolvimento de microrganismos espoliadores.

O teor de N-NH₃/N_{total}, é associado à qualidade fermentativa da silagem e pode ser considerado um indicador da magnitude da atividade proteolítica por clostrídeos, uma vez que é produzido em pequenas quantidades por outros microrganismos da silagem e enzimas da planta (Jobim et al., 2005). Os valores de N-NH₃ encontrados, no presente estudo (Tabela 4), são considerados baixos e foram inferiores aos obtidos por Borreani e Tabacco (2014). Contudo, apesar de serem considerados baixos, em ambas

profundidades, a silagem vedada com LP apresentou os maiores valores de N-NH₃. As silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop não diferiram entre as profundidades, no que diz respeito aos valores de N-NH₃, evidenciando eficiência de vedação.

No que se refere ao ácido láctico, houve efeito significativo para estratégia de vedação e profundidade amostrada (Tabela 5). O menor valor foi observado na silagem vedada com LP. Esse resultado é atribuído a menor entrada de oxigênio e baixa atividade de microrganismos deterioradores nas silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop. Outro aspecto a ser considerado, é que a região do centro do silo é mais propícia ao crescimento de bactérias ácido lácticas, e pode ser evidenciado pelos maiores valores de ácido láctico observados para profundidade 40 cm. Além disso, na camada mais superficial do silo houve maior contagem de leveduras para as quais o ácido láctico é substrato.

Tabela 5. Valores médios de ácido láctico de silagem de milho vedada com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem

	Estratégia de vedação (V)			Profundidade (P)	
	LP	LP + Bagaço	LP + Silostop	10 cm	40 cm
Ácido láctico, %MS	2,26b	3,37a	3,33a	2,59b	3,38a
EPM	3,70				
Significância (P)					
V	<0,001				
P	<0,001				
V x P	0,0759				

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); MS: matéria seca; EPM: erro padrão da média; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

A contagem de leveduras (Tabela 4), apresentou interação ($p < 0,05$) entre os fatores estratégia de vedação e profundidade de amostragem. A maior contagem de leveduras na silagem vedada com LP, apresenta coerência com o valor de ácido láctico obtido para esta silagem, comparativamente as demais, mostrando que houve maior deterioração da forragem ensilada, em função do baixo valor de ácido láctico observado, bem como da maior temperatura no momento da abertura do silo. De acordo com Pahlow et al. (2003), o processo de deterioração, inicia-se com desenvolvimento de leveduras, as quais consomem parte do ácido láctico para o seu desenvolvimento e reprodução. O consumo do ácido láctico eleva o pH da massa e possibilita o crescimento dos fungos filamentosos. Jobim e Gonçalves (2003) citam que as leveduras provocam grande liberação de CO₂, pelo metabolismo dos açúcares, resultando em perdas de MS. No

presente estudo, notou-se que, a silagem vedada com LP apresentou as maiores perdas de MS, bem como as maiores contagens de leveduras, corroborando com a afirmação dos autores.

A exemplo da contagem de leveduras, a contagem de FF apresentou interação ($p < 0,05$) entre os fatores estudados (Tabela 4). Na amostragem a 10 cm de profundidade, verificou-se maior presença de FF na silagem vedada com LP, comparativamente a silagem vedada com LP+Silostop. Contudo, na profundidade 40 cm, observou-se semelhança nas contagens de FF para as silagens vedadas com as diferentes estratégias de vedação. Ao comparar as duas profundidades avaliadas, notou-se contagem média de FF inferior para profundidade de 40 cm, em todas silagens estudadas, indicando boas condições de conservação nessa profundidade.

Conforme Driehuis e Oude Elferink (2000), a deterioração aeróbia de silagens está associada com a penetração de oxigênio na forragem durante o armazenamento ou ao fornecimento aos animais. Em silos tipo trincheira, as regiões periféricas, principalmente nas camadas superior e lateral, em que a compactação e vedação não são tão eficientes, a infiltração de oxigênio é maior. Neste contexto, no presente estudo, em função da maior difusão de oxigênio possibilitada na profundidade 10 cm, comparativamente a profundidade 40 cm, ocorreu maior desenvolvimento de leveduras, fungos filamentosos e consumo de ácido lático nessa região do silo, resultando na elevação dos valores de pH e de temperatura da silagem na abertura do silo. A não constatação de diferença estatística para a contagem de leveduras nas diferentes profundidades estudadas, para a silagem vedada com LP+Silostop, é indicativo de que o filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange foi mais eficiente para reduzir a penetração de oxigênio na massa ensilada, comparativamente as demais estratégias de vedação.

A densidade (DE) das silagens, medida na profundidade de 20 cm, e calculada com base na matéria verde (DE_{mv}) e na matéria seca (DE_{ms}), revelam que houve diferença ($p < 0,05$) entre as estratégias de vedação utilizadas (Tabela 6). Os valores de DE_{mv} e DE_{ms}, em média, foram superiores para silagem vedada com LP+Bagaço, enquanto a silagem vedada com LP apresentou os menores valores. Estes resultados sugerem que o uso exclusivo da LP na vedação do silo possibilitou maior circulação de ar entre a lona e a massa ensilada, e fez com que houvesse maior umidade nessa silagem, e conseqüentemente, menor DE_{ms}. Enquanto o emprego do bagaço de cana sobre a lona preta de polietileno provocou maior aderência entre a massa ensilada e a lona, dificultando a circulação de ar, resultando em silagem mais seca, e com maior densidade.

Tabela 6. Densidade de silagem de milho vedada com diferentes estratégias de vedação

	Estratégia de vedação			EPM	P - valor
	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop		
DEmv, kg/m ³	360,40c	416,77a	387,53b	24,63	<0,001
DEms, kg/m ³	81,10c	99,90a	95,82b	1,97	<0,001

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; DEmv: densidade calculada com base na matéria verde; DEms: densidade calculada com base na matéria seca; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

De acordo com Jobim et al. (2007), embora não exista um valor considerado ideal para avaliação em um silo, os benefícios da compactação adequada sobre as características fermentativas e perdas em silagem de milho são obtidos com valores mínimos de 225 kg de MS/m³. Assim, os valores obtidos na camada de 0 a 20 cm com baixa DE possibilitou maior quantidade de ar na massa, acarretando prolongamento da respiração (liberação de CO₂ e perda de MS), maior consumo de carboidratos solúveis, menor produção de ácidos orgânicos e, em consequência, maior valor final de pH da silagem.

Em relação a composição nutricional das silagens, constatou-se que os teores de PB, FDA, CT, NDT, DMS e DMO apresentaram interação ($p < 0,05$) entre estratégia de vedação e profundidade de amostragem (Tabela 7).

Com relação ao teor de PB das silagens, na profundidade 10 cm, observou-se semelhança nos valores. Enquanto na profundidade 40 cm, a silagem vedada com LP apresentou o maior valor médio. O maior teor de PB observado na silagem vedada com LP pode estar relacionado com dois fatores, sendo a redução de carboidratos solúveis e o aumento na concentração e/ou contaminação fúngica, a qual pode elevar o teor de proteína da silagem (Amaral et al., 2009). Verificou-se também, que para as silagens vedadas com LP e LP+Bagaço os valores médios de PB não diferiram entre as profundidades. Contudo, a silagem vedada com LP+Silostop apresentou valor médio de PB superior na profundidade 10 cm.

Os teores de FDA observados para as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, apresentaram diferença apenas para vedação com LP, sendo que o maior teor de FDA foi para profundidade 10 cm, que significa que houve maiores perdas de componentes não estruturais nessa profundidade. A FDA de cada estratégia de vedação, dentro das duas profundidades avaliadas, apresentou diferença apenas na profundidade de amostragem 10 cm, sendo que o maior teor de FDA foi para silagem

vedada com LP, comparativamente a silagem vedada com LP+Silostop, indicando maior consumo de componentes não estruturais.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre estratégia de vedação x profundidade de amostragem para as variáveis relativas a composição bromatológica das silagens

Estratégia de vedação (V)	Profundidade (P)		EPM	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V X P
PB, %MS						
LP	9,05Aa	9,47Aa				
LP + Bagaço	9,27Aa	8,60Ba	0,34	0,342	0,0481	0,0308
LP + Silostop	9,47Aa	8,21Bb				
FDA, %MS						
LP	37,94Aa	31,64Ab				
LP + Bagaço	33,04ABa	32,10Aa	2,47	0,7606	0,0177	0,0018
LP + Silostop	31,83Ba	32,07Aa				
CT, %MS						
LP	83,47Aa	83,40Aa				
LP + Bagaço	84,17Aa	84,57Aa	0,44	0,0172	0,202	0,0377
LP + Silostop	83,48Ab	85,21Aa				
NDT, %MS						
LP	61,28Bb	65,69Aa				
LP + Bagaço	64,70ABa	65,37Aa	1,99	0,0284	0,0110	0,0101
LP + Silostop	65,55Aa	65,38Aa				
DMS, %MS						
LP	59,12Bb	62,88Aa				
LP + Bagaço	62,04ABa	62,61Aa	1,44	0,0283	0,0110	0,0102
LP + Silostop	62,77Aa	62,62Aa				
DMO, %MS						
LP	64,37Bb	68,25Aa				
LP + Bagaço	67,39ABa	67,97Aa	1,53	0,0281	0,0110	0,0101
LP + Silostop	68,13Aa	67,98Aa				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDA: fibra em detergente ácido; CT: carboidratos totais; NDT: nutrientes digestíveis totais; DMS: digestibilidade da matéria seca; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

No que se refere aos CT das silagens, os valores foram semelhantes entre as estratégias de vedação. Os valores de CT observados para as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, apresentaram diferença apenas para vedação com LP+Silostop, sendo que o maior teor de CT foi para profundidade 40 cm, evidenciando assim menores perdas desse componente.

Observou-se que os valores estimados de DMS, DMO e NDT, apresentaram comportamento similar entre os tratamentos avaliados. Na profundidade 10 cm, a vedação

com LP teve os menores valores médios de DMS, DMO e NDT, comparativamente a silagem vedada com LP+Silostop. Já para profundidade 40 cm, os valores médios de DMS, DMO e NDT foram semelhantes entre as estratégias de vedação avaliadas. Além disso, para silagem vedada com LP, observou-se superioridade nos valores de DMS, DMO e NDT na profundidade 40 cm, já para as silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop, notou-se que os valores de DMS, DMO e NDT não diferiram entre as profundidades de amostragem. Estes resultados dão suporte para a ideia de que as silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop apresentaram maior qualidade na camada superficial em relação a silagem vedada com LP.

Verificou-se que para os teores de MM, FDN e CNF houve efeito ($p < 0,05$) para a estratégia de vedação e/ou profundidade de amostragem. Notou-se ainda, que não houve efeito ($p > 0,05$) para a MS, MO e EE (Tabela 8).

Tabela 8. Valores médios das variáveis relativas a composição bromatológica das silagens de milho vedadas com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem

	Estratégia de vedação (V)			Profundidade (P)		EPM	Significância (P)		
	LP	LP + Bagaço	LP + Silostop	10 cm	40 cm		V	P	V x P
MS, %	23,88a	23,96a	24,27a	23,80a	24,27a	0,79	0,6587	0,2134	0,3930
MO, % MS	94,90a	95,15a	94,88a	94,97a	94,97a	0,57	0,7350	0,9979	0,1022
MM % MS	5,17a	4,63b	4,53b	4,86a	4,69a	0,09	0,001	0,1843	0,1316
FDN, % MS	52,25a	51,37a	51,00a	52,25a	50,83b	3,29	0,0609	0,0043	0,1930
EE, % MS	2,12a	2,15a	2,17a	2,15a	2,14a	0,009	0,575	0,7436	0,2147
CNF, % MS	34,05a	35,06a	35,40a	34,25b	35,42a	1,72	0,1321	0,0423	0,9574

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo; CNF: carboidratos não fibrosos; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

O teor de MM foi maior para a silagem vedada com LP. De acordo com Bolsen (1997), a elevação no teor de matéria mineral é um indicativo de perdas de matéria orgânica, pois, havendo o consumo de matéria orgânica a porção mineral se tornará proporcionalmente maior.

Os teores de FDN diferiram entre as profundidades de amostragem, sendo obtido menor valor médio para profundidade 40 cm, demonstrando que essa região do silo foi

melhor preservada. Todas as estratégias de vedação apresentaram boas condições para que ocorresse fermentação adequada na profundidade 40 cm, podendo ser constatado com os maiores teores de ácido lático nessa profundidade. Dessa forma, provavelmente a queda de pH ocorreu em menor tempo, preservando a concentração de carboidratos solúveis, e resultou em menores teores da fração FDN.

Com relação aos CNF, que representa compostos mais digestíveis, como açúcares solúveis e amido, verificou-se valores superiores para silagens amostradas na profundidade 40 cm. A diferença encontrada entre as profundidades avaliadas indica que as silagens na profundidade 40 cm podem proporcionar mais energia ao animal.

Em relação ao fracionamento de carboidratos, constatou-se que para a fração A + B1 houve efeito ($p < 0,05$) tanto para a estratégia de vedação quanto para profundidade de amostragem (Tabela 9).

Tabela 9. Valores médios das frações A+B1 e B2 dos carboidratos totais das silagens de milho vedadas com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem

Fração (% CT)	Estratégia de vedação (V)			Profundidade (P)		EPM	Significância (P)		
	LP	LP + Bagaço	LP + Silostop	10 cm	40 cm		V	P	V x P
A+B1	37,37b	39,50a	39,62a	37,75b	39,91a	4,84	0,0034	0,0006	0,4487
B2	57,25a	56,62a	56,00a	57,25a	56,00b	2,16	0,3717	0,0483	0,8820

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; CT: carboidratos totais; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

O menor valor da fração de carboidratos A + B1 foi observado para silagem vedada com LP. Verificou-se também, que independentemente de estratégia de vedação, os valores da fração A + B1 foram superiores para profundidade de 40 cm. A fração “A” dos carboidratos, inclui os açúcares simples, enquanto a fração “B1” é constituída de amido e pectina. No entanto, por considerarem a praticidade do cálculo de rações para ruminantes e o aspecto analítico, uma vez que as metodologias de determinação do amido não apresentam boa repetibilidade, Malafaia et al. (1998) propuseram o somatório das frações A + B1. Esta fração indica a importância da vedação adequada do silo, pois é de rápida degradação e sua baixa concentração na silagem poderá prejudicar a fermentação ruminal.

Para a fração B2, que possui parte da parede celular disponível e potencialmente degradável, observou-se efeito ($p < 0,05$) apenas para profundidade de amostragem

(Tabela 9). Notou-se que, a silagem na profundidade 10 cm apresentou maior porção fibrosa. Esse maior teor de FDN refletiu na fração B2 dos carboidratos, uma vez que, o maior valor da fração B2 foi observado na profundidade 10 cm. De acordo com Ribeiro et al. (2001), alimentos volumosos com altos teores de FDN possuem maior proporção de fração B2, que, por fornecer energia mais lentamente no rúmen, podem afetar a eficiência da síntese microbiana e o desempenho animal.

Notou-se ainda, que para a fração C, que corresponde a porção indigestível ao longo do trato gastrointestinal mostrou interação ($p < 0,05$) entre os fatores estratégia de vedação e profundidade de amostragem (Tabela 10).

Tabela 10. Desdobramento da interação para a fração C dos carboidratos totais (CT) das silagens de milho

Estratégia de vedação (V)	Profundidade (P)		EPM	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V X P
	Fração C, % CT					
LP	6,61Aa	4,54Ab				
LP + Bagaço	4,31Ba	4,03Aa	0,50	0,0016	0,0091	0,0266
LP + Silostop	4,41Ba	4,21Aa				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

Os valores da fração de carboidratos C observados para as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, apresentaram diferença apenas para vedação com LP, sendo que o maior valor da fração C foi para profundidade 10 cm, corroborando com a ideia de que a silagem na profundidade 40 cm apresentou melhor qualidade em relação a silagem na profundidade 10 cm.

As frações A, B1+B2, B3 e C que compõem a proteína das silagens, apresentaram interação ($p < 0,05$) entre estratégia de vedação e profundidade de amostragem como mostrado na Tabela 11.

Observou-se que, a fração A que é composta de aminoácidos, peptídeos e nitrogênio não proteico, sendo de disponibilidade imediata no rúmen, apresentou menor valor médio na silagem vedada com LP, para profundidade 10 cm. Para profundidade 40 cm, o menor valor médio foi observado na silagem vedada com LP+Silostop e maior valor na silagem vedada com LP. Constatou-se, também, que a silagem vedada com LP apresentou valor médio superior na profundidade 40 cm, contudo, para silagem vedada

com LP+Silostop, verificou-se superioridade na profundidade 10 cm, enquanto para a silagem vedada com LP+Bagaço não houve diferença entre as profundidades avaliadas.

Tabela 11. Desdobramento da interação para as frações que compõem a proteína das silagens de milho

Estratégia de vedação (V)	Profundidade (P)		EPM	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V X P
Fração A, %PB						
LP	46,66Bb	54,40Aa	3,81	0,0227	0,9646	<0,001
LP + Bagaço	51,82Aa	50,19Ba				
LP + Silostop	51,31Aa	45,11Cb				
Fração B1+B2, %PB						
LP	16,97Ba	20,57Ca	3,77	<0,001	<0,001	0,0004
LP + Bagaço	22,86Ab	28,52Ba				
LP + Silostop	21,13BAb	34,02Aa				
Fração B3, %PB						
LP	17,11Aa	13,47Ab	2,18	<0,001	<0,001	0,0029
LP + Bagaço	12,50Ba	6,80Bb				
LP + Silostop	16,23Aa	6,69Bb				
Fração C, %PB						
LP	19,23Aa	11,51Bb	0,85	<0,001	0,0117	<0,001
LP + Bagaço	12,80Bb	14,46Aa				
LP + Silostop	11,30Bb	14,15Aa				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); EPM: erro padrão da média; PB: proteína bruta; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

No que se refere a fração B1+B2, de média degradação no rúmen, para profundidade 10 cm, a silagem vedada com LP apresentou valor médio inferior, comparativamente a silagem vedada com LP+Bagaço. Os valores da fração de proteínas B1+B2 observados para as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, apresentaram diferença para as vedações com LP+Bagaço e LP+Silostop, sendo que os maiores valores da fração B1+B2 foi para profundidade 40 cm, corroborando com a ideia de que a silagem na profundidade 40 cm apresentou melhor qualidade em relação a silagem na profundidade 10 cm. Diante dos resultados, fica evidente que o uso de filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange ou a proteção de bagaço sobre a lona preta de polietileno contribuiu no aumento da fração B1+B2, conferindo as estas silagens, melhor valor proteico.

Em relação à fração B3, considerada como uma fração digerível, porém caracterizada pela lenta degradação no rúmen, uma vez que está associada com a parede celular, a silagem vedada com LP+Bagaço apresentou o menor valor para a profundidade 10 cm. Já para profundidade 40 cm, o maior valor médio foi observado para silagem

vedada com LP. Quanto as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, a profundidade 40 cm apresentou maiores valores médios para a fração B3, independentemente da estratégia de vedação empregada.

Com base nos resultados obtidos para as frações A, B1+B2 e B3, pode-se afirmar que a maior parte da proteína contida nas silagens é degradada no rúmen, uma vez que foram verificadas menores proporções de fração B3.

A fração C, que é composta de proteínas, não é digerível no rúmen e intestino (Sniffen et al., 1992), apresentou maior valor médio para a silagem vedada com LP, na profundidade 10 cm. Contudo, para profundidade 40 cm, o menor valor da fração C foi observado na silagem vedada com LP.

Os valores da fração de proteínas C observados para as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, apresentaram diferença para as vedações. Para as silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop, os maiores valores da fração C foi para profundidade 40 cm. Porém, a silagem vedada com LP apresentou valor superior para profundidade 10 cm.

Nas estimativas dos parâmetros de degradação ruminal da MS das silagens (Tabela 12), constatou-se que houve interação ($p < 0,05$) para coeficientes da fração solúvel “a” e da fração insolúvel potencialmente degradável “b”, entre os fatores estratégia de vedação e profundidade de amostragem. Ao passo que para a taxa de degradação “c”, houve efeito ($p < 0,05$) para a estratégia de vedação e para profundidade de amostragem (Tabela 13).

Para a fração "a", verificou-se que em ambas as profundidades de amostragem, a silagem vedada com LP apresentou os menores valores. Constatou-se também, que em todas as silagens, independentemente de estratégia de vedação, os valores médios da fração solúvel “a” foram superiores na profundidade de 40 cm. Possivelmente a silagem vedada com LP apresentou menor teor de açúcar residual, o que lhe conferiu menor fração “a” em relação as silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop. E, provavelmente, o mesmo ocorreu para profundidade, em que as silagens na profundidade 10 cm apresentaram teores de açúcar residual inferiores a profundidade 40 cm, resultando em menores valores da fração “a”.

Com relação a fração insolúvel potencialmente degradável “b”, observou-se que para a silagem vedada com LP+Bagaço, os valores diferiram entre as profundidades de amostragem.

A fração insolúvel potencialmente degradável “b” para as profundidades de amostragem dentro de cada estratégia de vedação, apresentou diferença apenas para vedação com LP+Bagaço, sendo que o maior valor foi para profundidade 10 cm.

Tabela 12. Desdobramento da interação para os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca de silagem de milho das frações “a” e “b”

Estratégia de vedação (V)	Profundidade (P)		CV (%)	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V X P
a (%)						
LP	29,38Bb	31,12Ba	1,95	0,001	0,001	0,006
LP + Bagaço	30,59Ab	34,56Aa				
LP + Silostop	32,83Ab	35,25Aa				
b (%)						
LP	47,36Aa	47,80Aa	2,60	0,367	0,009	0,008
LP + Bagaço	50,50Aa	45,59Ab				
LP + Silostop	49,16Aa	48,13Aa				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); CV: coeficiente de variação; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

No que se refere a taxa de degradação “c”, a silagem vedada com LP apresentou o maior valor. Verificou-se também, que independentemente de estratégia de vedação, os valores da taxa de degradação “c” foram superiores para profundidade de 40 cm.

Tabela 13. Valores médios da fração “c” dos parâmetros de degradação ruminal da matéria seca de silagem de milho vedada com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem

	Estratégia de vedação (V)			Profundidade (P)		CV (%)	Significância (P)		
	LP	LP + Bagaço	LP + Silostop	10 cm	40 cm		V	P	V X P
c (/h)	0,041a	0,030b	0,032b	0,032b	0,036a	8,26	0,001	0,013	0,056

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); CV: coeficiente de variação; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

Com relação a degradabilidade potencial (DP) da MS (Tabela 14), houve efeito ($p < 0,05$) para estratégia de vedação. A silagem vedada com LP apresentou o menor valor. As diferenças observadas no potencial de degradação entre as silagens, provavelmente estão relacionadas com a própria composição química do material, uma vez que, embora não tenha diferença estatística, maiores teores de FDN foram observados para a silagem vedada com LP.

Tabela 14. Valores médios da degradação potencial (DP) das silagens de milho vedadas com diferentes estratégias de vedação e diferentes profundidades de amostragem

	Estratégia de vedação (V)			Profundidade (P)		CV (%)	Significância (P)		
	LP	LP + Bagaço	LP + Silostop	10 cm	40 cm		V	P	V x P
DP	77,83b	81,16a	82,33a	79,88a	81,00a	1,43	0,001	0,133	0,274

Médias na mesma linha, seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); CV: coeficiente de variação; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm .

No que se refere a degradabilidade efetiva (DE) da MS (Tabela 15), para taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora, houve interação ($p < 0,05$) entre os fatores estratégia de vedação e profundidade. Observou-se, também, que os valores de DE, independentemente da taxa de passagem, foram menores na profundidade 10 cm, em todas as silagens.

Tabela 15. Desdobramento da interação para degradação efetiva (DE) da matéria seca de silagem de milho, calculada para taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora

Estratégia de vedação (V)	Profundidade (P)		CV (%)	Significância (P)		
	10 cm	40 cm		V	P	V x P
DE (K=0,02)						
LP	59,99Cb	64,37Aa	1,06	0,002	0,001	0,008
LP + Bagaço	60,96Bb	63,06Ba				
LP + Silostop	62,82Ab	64,45Aa				
DE (K=0,05)						
LP	49,40Bb	53,95Aa	1,28	0,006	0,001	0,014
LP + Bagaço	49,60Bb	52,82Aa				
LP + Silostop	51,77Ab	53,62Aa				
DE (K=0,08)						
LP	44,26Bb	48,51Aa	1,30	0,005	0,001	0,012
LP + Bagaço	44,42Bb	48,15Aa				
LP + Silostop	46,67Ab	48,51Aa				

Médias seguidas por letras distintas, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$); CV: coeficiente de variação; LP: lona preta de polietileno de 200 μm ; LP + Bagaço: lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana; LP + Silostop: filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm ; DP: degradação ruminal potencial; DE (K=0,02): degradação ruminal efetiva e taxa de passagem de partículas no rúmen estimada em 2%h⁻¹; DE (K=0,05): degradação ruminal efetiva e taxa de passagem de partículas no rúmen estimada em 5%h⁻¹; DE (K=0,08): degradação ruminal efetiva e taxa de passagem de partículas no rúmen estimada em 8%h⁻¹;

De acordo com Rodrigues et al. (2004), a principal causa de baixos valores de degradabilidade é a elevada proporção de carboidratos da parede celular e o teor de lignina da forragem.

Segundo Aroeira et al. (1996), a DE da MS pode ser considerada a energia digerida no rúmen. Portanto, diante dos resultados obtidos fica evidente que a estratégia

de cobertura que permite perdas elevadas na camada superficial do silo, determina a qualidade da silagem em vários parâmetros. Desta maneira, a ingestão das silagens oriundas de maiores profundidades dos silos proporcionaria maior energia disponível aos microrganismos ruminais.

Conclusões

1. O uso da lona preta de polietileno coberta com bagaço de cana e o uso do filme Silostop® recoberto de lona preta de polietileno na vedação do silo asseguram diminuição das perdas de matéria seca, proporcionando melhorias no perfil fermentativo e na composição bromatológica das silagens.
2. A estratégia de vedação do silo tem efeito na composição nutricional da silagem na camada superior do silo.

Referências Bibliográficas

- AMARAL, R.C.; SANTOS, M.C.; DANIEL, J.L.P.; NETO, A.; BISPO, A.W.; GARCIA, E.H.C.; BERNARDES, T.F.; NUSSIO, L.G. The influence of covering methods on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.471-478, 2014.
- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JR, A. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Brasília, v.38, p.1413-1421, 2009.
- AROEIRA, L.J.M.; LOPEZ, F.C.F.; DAYRELL, M.S. Degradabilidade de alguns alimentos no rúmen de vacas holandês/zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.25, p.1178-1186, 1996.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.
- BOLSEN, K.K. Issues of top spoilage losses in horizontal silos. In: **Proceedings of Silage: Field to Feedbunk**. NRAES Publ. 99. Ithaca, NY. p.137-150, 1997.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. Improving corn silage quality in the top layer of farm bunker silos through the use of a next-generation barrier film with high impermeability to oxygen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.97, p.2415-2426, 2014.
- BORREANI, G.; TABACCO, E. Low permeability to oxygen of a new barrier film prevents butyric acid bacteria spore formation in farm corn silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, p.4272-4281, 2008.
- CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30, p.1837-1856, 2001.
- CHANEY, A.L., MARBACH, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Journal: Clinical Chemistry**, 8:130-132.
- DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H. The impact of the quality of silage on animal health and food safety: a review. **Veterinary Quarterly**, v.22, p.212-217, 2000.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, p.101-119, 2007.

JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. et al. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes: valor alimentício de forragens**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. p.1-26.

JOBIM, C.C.; PEREIRA, J.R.A.; SANTOS, G.T. Sistemas de produção de leite com ênfase na utilização de volumosos conservados. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. (Ed.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep; 2005. p.61-82.

KRUGER, A.M. **Massa específica e suas implicações na conservação e no valor nutricional em silagens de milho**. 2012. p.51. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

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

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347-358, 1996.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M.; SILVA, J.F.C.; PEREIRA, J.C. Determinação das frações que constituem os carboidratos totais e cinética ruminal da fibra em detergente neutro de alguns alimentos para ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.790-796, 1998.

NUSSIO, L.G.; SIMAS, J.E.C.; LIMA, M.L.M. **Determinação do ponto de maturidade ideal para colheita do milho para silagem**. In: NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATO, M.; MOURA, J.C (Ed). Milho para silagem. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.11-26.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agriculture Science**, v.92, p.499-503, 1979.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage Science and technology**. Madison: Wisconsin, USA: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p.31-94.

PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.

- RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, O.G.; VALADARES FILHO, S.C.; GARCIA, R.; CABRAL, L.S. Caracterização das frações que constituem as proteínas e os carboidratos e respectivas de digestão do feno de capim Tifton 85 de diferentes idades de rebrota. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.589-595, 2001.
- RODRIGUES, A.L.P.; SAMPAIO, I.B.M.; CARNEIRO, J.C. Degradabilidade *in situ* da matéria seca de forrageiras tropicais obtidas em diferentes épocas de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.658-664, 2004.
- SILVA, N., JUNQUEIRA, V.C.; SILVEIRA, N.F.A. 1997. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Varela, São Paulo.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets – Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p. 3562-3577, 1992.
- STERN, S.A.; SHAH, V.M.; HARDY, B.J. Structure-permeability relationships in silicone polymers. **Journal of Polymer Science**, New York, v.25, p.1263-1298, 1987.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, p.3583–3597, 1991.
- UNDERSANDER, D.; MERTENS, D.R.; THIEX, N. **Forage analyses procedures**. Omaha: National Forage Testing Association, 1993. 135p.
- VAN SOEST, P.J. Symposium on factors influencing the voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. **Journal Animal Science**. v.24, p.834-844, 1965.

IV. Estabilidade aeróbia e valor alimentício de silagens de milho armazenadas com diferentes estratégias de vedação avaliado em cordeiros

(Normas: Pesquisa Agropecuária Brasileira)

Resumo – Objetivou-se avaliar os efeitos de diferentes estratégias de vedação de silagem de milho, sobre a estabilidade aeróbia e sobre o valor alimentício, avaliado em cordeiros em terminação. Os tratamentos foram definidos de acordo com a estratégia de vedação do silo: LP (lona preta de polietileno), LP+Bagaço (lona preta de polietileno + bagaço de cana) e LP+Silostop (filme de barreira de oxigênio Silostop® Orange + lona preta de polietileno). Foram utilizados seis cordeiros mestiços por tratamento, totalizando 18 animais, por 63 dias. A silagem do tratamento LP apresentou maior estabilidade aeróbia. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca foram menores nos cordeiros alimentados com dieta à base da silagem do tratamento LP. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para o consumo e desempenho dos cordeiros. Porém, para o peso corporal final, ganho de peso, ganho médio diário, eficiência alimentar e consumo de matéria seca, os melhores resultados, em valor absoluto, foram encontrados para os cordeiros alimentados com dieta à base da silagem do tratamento LP+Bagaço. A receita líquida em relação à venda da carcaça dos cordeiros, foi superior no tratamento LP+Bagaço, mostrando que a vedação correta em decisões de investimento é fundamental para um bom resultado.

Termos para indexação: carcaça, deterioração aeróbia, digestibilidade, ganho de peso, ovinos.

Aerobic stability and feed value of corn silage stored with different sealing strategies evaluated in lambs

Abstract – This study evaluated the effects of different corn silage sealing strategies on aerobic stability and feed value, in finishing lambs. Treatments were set up according to the silo sealing strategy: LP (black polyethylene film), LP + Bagasse (black polyethylene film + sugarcane bagasse) and LP + Silostop (Silostop® Orange oxygen barrier film + black polyethylene film). Six crossbred lambs were used per treatment, totaling 18 animals for 63 days. The silage of LP+Silostop treatment presented higher values of lactic acid. The LP treatment silage presented the highest aerobic stability. Dry matter digestibility coefficients were lower in lambs fed with diet based on the LP treatment silage. No significant differences were detected among treatments for lamb intake and

performance. But for final body weight, weight gain, daily average gain, feed efficiency and dry matter intake, the best results, in absolute value, were found for lambs fed with silage from LP+Bagasse treatment. Net revenue from lamb carcass sales was higher in LP+Bagasse treatment, showing that proper sealing in investment decisions is critical to good results.

Index terms: aerobic deterioration, carcass, digestibility, sheep, weight gain.

Introdução

De todas as forrageiras utilizadas na alimentação animal, o milho é a mais empregada para produção de silagem de alta qualidade. A silagem de milho apresenta boas características como alimento para ruminantes, principalmente por proporcionar elevado consumo voluntário e fornecer alto teor de nutrientes digestíveis totais (Pereira et al., 1993), constituindo uma boa opção para cordeiros em terminação.

Todavia, durante o tempo de fermentação da forragem, podem ocorrer processos que acarretam perdas de nutrientes nas mais diversas magnitudes, sendo o grau de anaerobiose alcançado no interior do silo o principal fator relacionado com a preservação da silagem. A presença de oxigênio favorece os microrganismos indesejáveis que se desenvolvem com base no uso de fontes de energia presentes na forragem, ocasionando perdas no valor nutricional da silagem e redução do consumo pelos animais (Pahlow et al., 2003).

Desta forma, o filme plástico utilizado na vedação dos silos apresenta contribuição expressiva, visto que o mesmo é utilizado com o intuito de reduzir a penetração de ar do ambiente externo para o interior do silo. Atualmente, os filmes de polietileno têm sido o material mais utilizado na vedação de silos horizontais. Contudo, o polímero de polietileno apresenta permeabilidade ao oxigênio, a qual tende a aumentar com a elevação da temperatura ambiente. Assim, mesmo com boas condições de vedação, o uso de lonas plásticas de polietileno, podem não impedir a penetração de oxigênio nas áreas periféricas do silo, deixando essas regiões expostas a deterioração.

Nos últimos anos, tem-se buscado alternativas para conter as perdas durante a estocagem das silagens por meio do uso de filmes plásticos com menor permeabilidade ao oxigênio na etapa de vedação. Amaral (2014) destaca, que além da importância da qualidade do filme plástico, a proteção do filme com algum outro material, como o bagaço de cana, pode trazer benefícios, reduzindo a incidência de raios solares e as trocas gasosas

com o ambiente, além de provocar adesão entre a lona e a massa ensilada, dificultando o deslocamento do oxigênio na massa.

Contudo, apesar de existirem diversos trabalhos que foram desenvolvidos objetivando avaliar diferentes filmes plásticos na etapa de vedação, poucas são as avaliações direcionadas para efeitos gerados no desempenho de animais alimentados com essas silagens. A maioria dos estudos têm como objetivo avaliar as perdas qualitativas e quantitativas das silagens em relação ao tempo de estocagem.

Nesse contexto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes estratégias de vedação sobre a estabilidade aeróbia da silagem e o desempenho de cordeiros em terminação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), em Maringá – PR (23° 25' 38" Sul; 51° 56' 15" Oeste) e no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), ambos pertencentes à Universidade Estadual de Maringá.

A cultura do milho (híbrido DKB 177) foi semeada nas dependências da FEI e quando a mesma atingiu média de 29% de matéria seca, procedeu-se a ensilagem. As plantas foram colhidas mecanicamente com colhedora de forragem, tracionada por trator, regulada para corte com tamanho teórico de partículas de 10 mm. A forragem foi transportada e compactada em um silo horizontal do tipo trincheira, com dimensões de 4,85 m largura x 18 m de comprimento e 1,6 m de profundidade (139,68 m³). Imediatamente após as etapas de abastecimento e compactação, o silo foi dividido transversalmente em três partes iguais (29,0 m²), e foram impostas três diferentes estratégias de vedação, as quais consistiram os tratamentos, sendo:

- 1) Lona preta de polietileno de 200 µm (LP);
- 2) Lona preta de polietileno de 200 µm com adição de uma camada de cerca de 10 cm de bagaço de cana por toda a extensão da lona (LP + Bagaço);
- 3) Filme de barreira de oxigênio de 45 µm (Silostop® Orange), recoberto com lona preta de polietileno de 200 µm (LP + Silostop);

Decorridos 200 dias de armazenamento, o silo foi aberto, e o material do estrato superior (profundidade de 0 - 50 cm) das diferentes estratégias de vedação foi realocado em silos de tambores plásticos com capacidade de aproximadamente 150 L (7 tambores para cada tratamento). A silagem foi compactada nos silos por pisoteio humano, buscando

atingir densidade de aproximadamente 600 kg/m³. Posteriormente, os silos foram vedados com o uso de fitas adesivas e borracha e permaneceram em galpão coberto. Após 20 dias de armazenamento, teve início o uso das silagens dos tambores plásticos na alimentação dos animais do experimento.

Para avaliação do desempenho animal, foram utilizados 18 cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, sendo 12 machos e 6 fêmeas, com peso vivo inicial médio 21,4 kg ($\pm 2,27$), distribuídos em blocos em função do sexo e peso corporal inicial, alojados em baias individuais suspensas (0,60 x 0,90 m), cobertas, com piso ripado e providas de comedouros e bebedouros individuais. A utilização dos animais na pesquisa obedeceu às especificações e cuidados impostos pelo Conselho de Ética e Proteção dos Animais (CEUA/UEM n°4411180917).

O período de avaliação foi de 63 dias até que os animais atingissem peso médio de abate ao redor de 35 kg. As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007) para ganho de peso médio diário de 200 g/dia. As dietas foram compostas com os ingredientes apresentados na Tabela 1, adotando-se proporção volumoso:concentrado de 40:60, com base na matéria seca.

A dieta foi fornecida duas vezes ao dia, às 8h e às 16 horas, e as sobras recolhidas, pesadas e subtraídas do total fornecido, a fim de quantificar o material consumido pelos animais individualmente. A quantidade de dieta fornecida foi calculada de modo a permitir aproximadamente 10% de sobras, e a água foi fornecida à vontade.

Os animais foram pesados no início do período experimental, a cada intervalo de 21 dias e no dia do abate, com jejum prévio de sólidos por 16 horas. A avaliação do ganho de peso foi calculada como a diferença entre o peso vivo inicial e o peso vivo final; o ganho médio diário foi obtido pela diferença entre o peso vivo inicial e o peso vivo final dividido pelo número de dias do período experimental; a eficiência alimentar, por meio da relação entre o ganho de peso e o consumo de matéria seca.

O abate dos animais foi realizado de acordo as normas do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal - RIISPOA (BRASIL, 1980). Após a evisceração, a carcaça quente foi pesada para obter o rendimento de carcaça quente (RCQ), sendo: $RCQ = ((\text{peso da carcaça quente}/\text{peso vivo ao abate}) \times 100)$. As carcaças foram então refrigeradas em temperatura de 4°C por 24 horas. Após esse período, foram novamente pesadas para determinar o rendimento de carcaça fria (RCF), em que: $((RCF = \text{peso de carcaça fria}/\text{peso vivo ao abate}) \times 100)$.

Tabela 1. Dietas experimentais contendo silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP), silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço) e silagem de milho vedada com Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop)

Ingredientes (%MS)	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop
Silagem de milho	40,0	40,0	40,0
Silagem de grãos de milho + soja 20 % reidratado	42,51	42,51	42,51
Silagem de grãos de milho reidratado	14,17	14,17	14,17
¹ Suplemento mineral	3,32	3,32	3,32
Nutrientes			
MS, % MN	47,7	47,5	47,7
MM, % MS	2,9	2,9	3,0
PB, % MS	11,5	11,4	11,2
FDN, % MS	28,3	28,0	28,2
EE, % MS	4,9	5,0	5,01
FDA, % MS	14,2	13,6	13,7
CNF, %MS	50,6	51,9	51,7
NDT, %MS	77,83	78,30	78,22

MS: matéria seca; MN: matéria natural; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo, FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT calculado de acordo com Paterson (2000), onde: $NDT = 88,9 - (0,779 \times \%FDA)$; ¹Níveis de garantia por kg do produto: Na: 147,00 g; Ca: 120,00 g; P: 87,00 g; S: 18,00 g; Zn: 3800,00 mg; Fe: 1800,00 mg; Mn: 1300,00 mg; F: 870,00 mg; Cu: 590,00 mg; Mo: 300,00 mg; I: 80,00 mg; Co: 40,00 mg; Cr: 20,00 mg; Se: 15,00 mg.

Tabela 2. Composição química (base na MS) dos ingredientes das dietas experimentais

	MS	MM	PB	FDN	EE	FDA	CNF	NDT
SM - LP	26,41	4,10	8,72	52,06	2,85	30,79	32,22	64,91
SM - LP+Bagaço	25,96	3,98	8,47	51,28	2,94	29,22	35,59	66,13
SM - LP+Silostop	26,43	4,22	8,11	51,76	3,17	29,57	35,00	65,86
¹ SGUMS	65,60	2,49	15,81	14,27	6,94	3,72	63,61	86,02
² SGUM	65,12	1,49	8,81	10,00	5,96	2,01	75,19	87,33

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT calculado de acordo com Paterson (2000), em que: $NDT = 88,9 - (0,779 \times \%FDA)$; SM - LP: silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm; SM - LP+Bagaço: silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana; SM - LP+Silostop: silagem de milho vedada com Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm; ¹SGUMS: Silagem de grãos de milho+soja (20%) reidratado; ²SGUM: Silagem de grãos de milho reidratado.

Entre o 29° e 31° dia experimental, para determinar a digestibilidade *in vivo* da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN), da proteína bruta (PB) e do extrato etéreo (EE), realizaram-se coletas de fezes, diretamente da ampola retal dos animais de acordo com Huhtanen et al. (1994). A estimativa da produção fecal foi

realizada utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno (Casali et al., 2008). Neste período e semanalmente, também foram coletadas amostras dos alimentos fornecidos e das respectivas sobras. Todas as amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por aproximadamente 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm de crivo. A seguir, foram acondicionadas em frascos identificados para determinação da MS e PB conforme Association of Official Analytical Chemist – AOAC (1990) e a FDN segundo Van Soest et al. (1991). O EE foi determinado com base na extração a quente com éter de petróleo em extrator do tipo Soxhlet da marca Solab. O cálculo da digestibilidade procedeu-se através da diferença entre o consumido e o excretado, de acordo com o proposto por Merchen (1988), pela fórmula: Digestibilidade (%) = $[(Ni - Nf) \div Ni] \times 100$, em que: Ni = nutriente ingerido e Nf = nutriente das fezes.

Para avaliação da estabilidade aeróbia, foram coletadas amostras de 2,5 kg das silagens de cada tratamento, com quatro repetições, acondicionadas sem compactação em baldes plásticos sem tampa, distribuídos aleatoriamente em sala com temperatura controlada ($24 \pm 1^\circ\text{C}$) por 144 horas. As temperaturas das silagens foram mensuradas a cada 15 minutos por meio de data loggers (Modelo: Novus Tagtemp®), inseridos no centro da massa de cada balde. A temperatura ambiente foi medida com o auxílio de data loggers distribuídos próximos aos baldes.

As variáveis avaliadas durante o ensaio de estabilidade aeróbia foram: estabilidade aeróbia, calculada como o tempo, em horas, para que as silagens, após a abertura do silo, apresentassem temperatura 2°C mais elevada que a temperatura ambiente (Kung Jr. et al., 2000); temperatura máxima alcançada pela massa, em $^\circ\text{C}$ e acúmulo de temperatura em 6 dias de exposição aeróbia ($\Sigma 6\text{d}$).

Outro parâmetro utilizado para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens foi o pH, pois representa um bom indicador da atividade microbológica, especialmente de leveduras, durante a fase de deterioração aeróbia. Assim, amostras foram coletadas diariamente para determinação de pH. As leituras foram realizadas com o uso de um peagâmetro digital, calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, sendo realizado a leitura do pH via infusão de 10 g de amostra de silagem em 100 mL de água destilada.

No primeiro dia do estudo da estabilidade aeróbia, realizou-se a coleta de amostras para determinação de ácido lático e amônia. A determinação da concentração de ácido lático foi realizada por meio do método espectrofotométrico (565 nm) de Pryce (1969) e amônia conforme Chaney e Marback (1962).

Para a avaliação do desempenho, o experimento foi conduzido usando o delineamento em blocos ao acaso, definidos através do peso corporal inicial e sexo, com seis repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), utilizando-se o PROC MIXED do SAS, versão 9.4.

O delineamento experimental utilizado na avaliação da estabilidade aeróbia foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e as suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), utilizando-se o PROC MIXED do programa SAS, versão 9.4.

A análise do retorno econômico foi feita com base somente na determinação do custo de cada dieta, uma vez que os demais custos foram iguais entre tratamentos. Assim, foi determinado o custo médio de produção de silagem de milho (R\$/t), custo da silagem de grãos de milho e soja reidratado (R\$/t) e custo da silagem de grãos de milho reidratado (R\$/t), além dos custos com suplemento mineral. O custo real da silagem da planta de milho foi determinado considerando a Eficiência de Aproveitamento (EAS = silagem consumida/silagem armazenada), em que o custo é calculado como sendo: Custo real = custo na ensilagem/EAS. Os preços de venda foram estabelecidos com base naqueles praticados na região, sendo R\$ 28,00 o quilo da carcaça inspecionada.

Resultados e Discussão

Com relação ao N-NH₃ e ao ácido lático das silagens no início do período de exposição aeróbia, houve diferença ($p < 0,05$) para a estratégia de vedação utilizada (Tabela 3). A silagem vedada com LP apresentou maior valor de N-NH₃, enquanto as silagens vedadas com LP+Bagaço e LP+Silostop apresentaram similaridade entre os valores. Para o ácido lático, a silagem vedada com LP apresentou o menor valor.

Tabela 3. Nitrogênio amoniacal e ácido lático de silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μ m (LP); lona preta de polietileno de 200 μ m + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 μ m Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μ m (LP+Silostop) no início do período de exposição ao ar

	Tratamentos			Média	EPM	P - valor
	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop			
N-NH ₃ (%NT)	2,85a	2,07b	2,00b	2,30	0,41	0,004
Ácido lático (%MS)	2,07c	3,00b	3,10a	2,72	0,03	<0,001

N-NH₃: nitrogênio amoniacal; NT: nitrogênio total; EPM: erro padrão da média; ^{a,b,c} médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

O teor de $N-NH_3/N_{total}$, é associado à qualidade fermentativa da silagem, e pode ser considerado um indicador da magnitude da atividade proteolítica de clostrídeos, uma vez que é produzido em pequenas quantidades por outros microrganismos da silagem e das enzimas da planta (Jobim e Nussio, 2013). Segundo McDonald et al. (1991), silagens mal preservadas apresentam teores de $N-NH_3$ superiores a 10%. Dessa forma, os valores observados no presente estudo são característicos do perfil de fermentação típico de silagens de milho de boa qualidade.

Conforme Kung et al. (2003), o perfil de fermentação desejável nem sempre evita perdas após a abertura dos silos, sendo que em alguns casos pode aumentá-las. Silagens que apresentam melhores padrões de fermentação, caracterizadas por alta concentração e predominância de ácido lático, bem como a presença de açúcares residuais, são mais afetadas pela deterioração aeróbia (Weinberg e Muck, 1996). Os resultados observados no presente experimento corroboram com a literatura mencionada. Como pode ser observado na tabela 3, as silagens em que a lona preta de polietileno teve a proteção de bagaço de cana ou o uso de filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange, apresentaram teores superiores de ácido lático, desta maneira, proporcionaram maiores quantidades de substratos disponíveis para consumo dos microrganismos na fase aeróbia, resultando em menor estabilidade aeróbia (Tabela 4). Verificou-se que a silagem vedada com LP+Silostop apresentou maior temperatura máxima (38,10°C) e maior acúmulo de temperatura durante 144 horas, indicativo de maior atividade microbiana (Tabela 4).

Tabela 4. Estabilidade aeróbia, temperatura acumulada e temperatura máxima de silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm (LP); lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm (LP+Silostop)

	Tratamentos			Média	EPM	P - valor
	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop			
Estabilidade aeróbia (h)	76,35a	74,00b	71,00b	73,77	4,96	0,0247
$\Sigma 6d$ (°C)	10,67c	23,07b	27,25a	10,88	1,26	<0,001
Temperatura máx. (°C)	30,95c	35,87b	38,10a	34,97	0,90	<0,001

$\Sigma 6d$: Temperatura acumulada em 6 dias; EPM: erro padrão da média; ^{a,b,c} médias na mesma linha, seguidas de diferentes letras, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Na figura 1 pode ser observada a evolução das temperaturas das silagens, em que as temperaturas observadas para a silagem vedada com LP apresentam menores valores ao longo do tempo de exposição aeróbia.

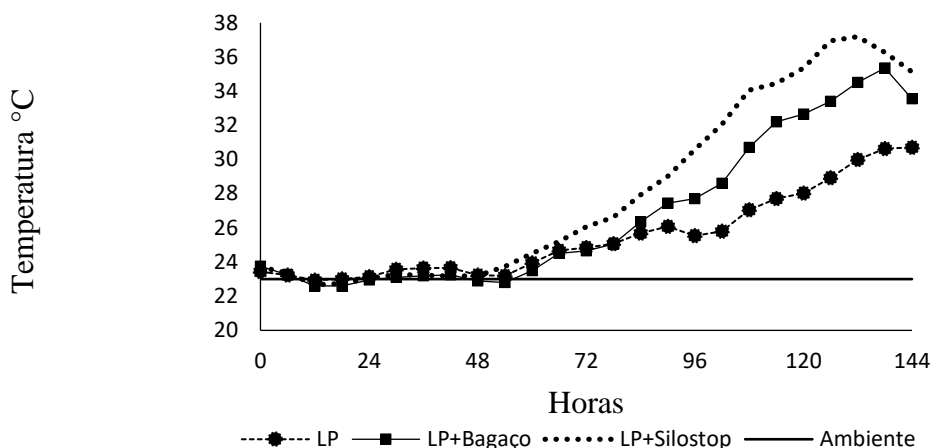


Figura 1. Valores de temperatura observados para a silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm (LP), silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana (LP+Bagaço) e silagem de milho vedada com filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm (LP+Silostop) durante a exposição aeróbia.

O aumento na temperatura das silagens é resultado do balanço entre a taxa de calor produzida pela atividade microbiana e as perdas de calor por condução, radiação, evaporação e convecção, e está diretamente relacionado à oxidação da MS, que provoca perdas na forma de dióxido de carbono (CO_2) (Hill e Leaver, 2002).

Em relação aos valores de pH das silagens no início do período de exposição ao ar, verificou-se que, independentemente do tipo de vedação utilizado, todas as silagens apresentaram pH abaixo de 4,2, demonstrando boa acidificação para silagem de milho. Notou-se ainda, que, os valores de pH não diferiram entre os tratamentos, porém, com o avanço no tempo de exposição aeróbia, as silagens tiveram seus valores de pH elevados (Figura 2). Possivelmente, o aumento nos valores de pH deve-se à degradação do ácido lático pelos microrganismos aeróbios, especialmente leveduras, para obtenção de energia (Woolford, 1990), e a perda de outros ácidos orgânicos por volatilização (Amaral et al., 2008). A degradação do ácido lático causa aumento do pH da silagem a um nível que possibilita o crescimento de bactérias oportunistas e fungos filamentosos que vão intensificar ainda mais o processo de deterioração, reduzindo a qualidade sanitária da silagem (McDonald et al. 1991).

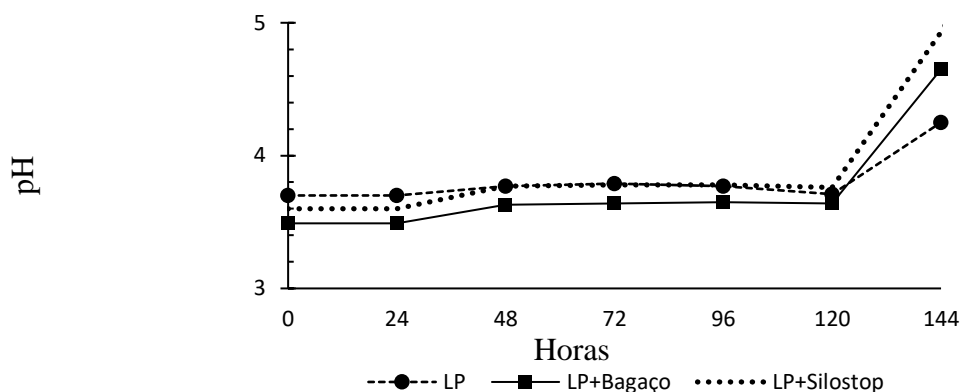


Figura 2. Valores de pH observados para a silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP), silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço) e silagem de milho vedada com filme de barreira de oxigênio de 45 µm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop) durante a exposição aeróbia.

Em relação ao desempenho dos cordeiros (Tabela 5), pode-se verificar que nenhuma das variáveis foi influenciada ($p>0,05$) pelos tratamentos estudados. A semelhança entre a resposta dos animais pode ser atribuída, entre outros fatores, a similaridade quanto à composição bromatológica das dietas experimentais (Tabela 1). Assim, fica evidente que a magnitude de alterações na composição química (Tabela 2) das silagens avaliadas não foi suficiente para alterar o desempenho dos cordeiros.

Tabela 5. Desempenho de cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 µm (LP); lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 µm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm (LP+Silostop)

	Tratamentos			Média	EPM	P - valor
	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop			
PCf (kg)	34,31	36,56	36,18	35,68	6,97	0,3282
GP (kg)	14,01	14,95	13,73	14,23	2,10	0,3540
GMD (g/dia)	242	263	246	251	0,83	0,4907
EA	0,199	0,211	0,208	0,206	0,01	0,3323
Consumo (%PV)	3,22	3,28	3,12	3,20	0,07	0,626
RCQ (%)	49,46	49,28	49,08	49,27	1,44	0,8601
RCF (%)	49,06	48,56	48,00	48,63	1,78	0,6054

PCf: peso corporal final; GP: ganho de peso – 63 dias; GMD: ganho médio diário; CMS: consumo de matéria seca; EA: eficiência alimentar; RCQ: rendimento de carcaça quente; RCF: rendimento de carcaça fria. EPM: erro padrão da média.

O ganho médio diário (GMD) obtido com as três dietas foi de 251 g/dia, superior ao ganho estabelecido, que foi de 200 g/dia. Observou-se que, apesar de não apresentar diferença estatística, os cordeiros alimentados com a silagem proveniente do silo vedado

com LP+Bagaço apresentaram GMD de 21 e 17 g/dia superior, quando comparado com os cordeiros alimentados com as dietas contendo silagem proveniente do silo vedado com LP e com LP+Silostop, respectivamente. Provavelmente este comportamento ocorreu, pelo fato destes animais apresentarem maior consumo de matéria seca (CMS), embora sem diferença estatística, quando comparado aos animais alimentados com as dietas dos demais tratamentos. Mendes Neto et al. (1998) comentaram que normalmente, nos confinamentos, os maiores ganhos de peso são obtidos em função de maior consumo de MS, corroborando com o observado neste estudo.

Cabe destacar que em sistemas de produção animal, o resultado biológico é de grande importância, porque demonstra que os animais alimentados com a silagem proveniente do silo vedado com LP+Bagaço podem proporcionar maior retorno econômico (Tabela 8). Houve tendência a menor eficiência alimentar (EA) para os animais do tratamento LP e, possivelmente, isso pode ser explicado pelos menores coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (Tabela 7), afetando o aproveitamento dos nutrientes pelos animais. Em suma, isso seria resultado de maiores perdas de nutrientes na silagem com cobertura somente com a LP.

Os valores de rendimento de carcaça (Tabela 5) estão em consonância com os dados normalmente registrados na literatura, que variam entre 45 a 55% para cordeiros mestiços de Dorper × Santa Inês. No entanto, o rendimento de carcaça depende de um conjunto de fatores como genética, sexo, idade, peso corporal, número de horas em jejum e dieta imposta aos animais.

Constatou-se que não houve efeito ($p>0,05$) para o CMS, consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN), consumo de proteína bruta (CPB) e consumo de extrato etéreo (CEE) (Tabela 6).

Tabela 6. Consumo de nutrientes de cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com silagem de milho vedada com lona preta de polietileno de 200 μm (LP); lona preta de polietileno de 200 μm + bagaço de cana (LP+Bagaço); filme de barreira de oxigênio de 45 μm Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 μm (LP+Silostop)

	Tratamentos			Média	EPM	P - valor
	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop			
	Ingestão (g.dia ⁻¹)					
CMS	1155	1262	1164	1193	0,01	0,2676
CMO	1124	1225	1132	1160	1,02	0,2739
CFDN	305	342	313	320	3,87	0,1493
CPB	139	148	136	141	1,35	0,5450
CEE	62	66	63	64	2,68	0,4073

CMS: consumo de matéria seca; CMO: consumo de matéria orgânica; CFDN: consumo de fibra em detergente neutro; CPB: consumo de proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo; EPM: erro padrão da média.

O CMS é importante no desempenho de ovinos em confinamento, uma vez que é considerado determinante do aporte de nutrientes necessários para o atendimento das exigências de manutenção e de ganho de peso dos animais (Sniffen et al., 1993). Brochier e Carvalho (2008), destacam que diversos fatores atuam na capacidade do animal em ingerir alimento, podendo ser fatores inerentes ao próprio animal, ao alimento, ao ambiente e às condições de manejo.

Embora diferenças estatísticas não tenham sido observadas, os cordeiros alimentados com silagem do tratamento LP+Bagaço apresentaram tendência a maior consumo (CMS, CMO, CFDN, CPB e CEE).

Segundo Mertens (1994), 60 a 90% das diferenças no desempenho animal é função do consumo. No presente estudo, notou-se que apesar de não observar diferença significativa, os cordeiros alimentados com silagem do tratamento LP+Bagaço apresentaram valores absolutos maiores para CMS, bem como para peso corporal final (PCf), ganho de peso (GP), GMD e EA, corroborando com a afirmação do autor.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes avaliados não foram afetados pelos tratamentos (Tabela 7), exceto o CDMS, sendo que a dieta que continha silagem proveniente do silo vedado com LP apresentou o menor valor, enquanto os tratamentos LP+Bagaço e LP+Silostop não diferiram entre si. Esse fato está relacionado com o maior teor de FDA da silagem vedada com LP (Tabela 2). Van Soest (1994), destaca que existe correlação negativa entre os teores de FDA e a degradabilidade do alimento, ou seja, com redução nos teores de FDA ocorre aumento da digestibilidade da matéria seca. Assim sendo, o maior teor de FDA do tratamento LP resultou em redução da digestibilidade aparente da matéria seca, indicando piora no valor nutritivo dessa silagem. Outro aspecto a ser considerado, seria o menor teor de CNF da silagem no tratamento LP (Tabela 2), que poderia estar afetando a digestibilidade aparente da MS, por representar compostos como açúcares e o amido. Tomando por base que, segundo Mertens (1994), 10 a 40% das diferenças no desempenho animal é função da digestibilidade, no presente estudo, notou-se que os tratamentos LP+Bagaço e LP+Silostop apresentarem maiores CDMS, quando comparado com o tratamento LP, contudo, essas diferenças não foram suficientes para afetar significativamente o desempenho dos animais.

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes (dados em % da MS) em cordeiros Dorper x Santa Inês alimentados com rações contendo diferentes silagens

	Tratamentos			Média	EPM	P - valor
	LP	LP+Bagaço	LP+Silostop			
CDMS	70,73b	74,55a	74,45a	73,24	3,05	0,0346
CDMO	73,70	76,77	76,63	75,70	2,58	0,0604
CDPB	60,86	64,35	65,09	63,43	0,35	0,3860
CDFDN	36,56	44,82	43,30	41,56	1,82	0,0832

CDMS: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDMO: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDPB: coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDFDN: coeficiente de digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro; LP: lona preta de polietileno de 200 µm; LP+Bagaço: lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana; LP+Silostop: filme Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm; EPM: erro padrão da média; ^{a,b,c} médias seguidas de letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Na determinação do custo das dietas em cada tratamento, foi considerado o mesmo valor para a implantação e colheita da lavoura de milho. Já o custo das demais etapas do processo de ensilagem variou conforme o material empregado na vedação do silo e as perdas de MS das silagens de milho. Logo, o custo por tonelada de MS da silagem de milho produzida foi menor para o tratamento LP+Silostop (Tabela 8), pela maior recuperação de MS, diluindo, dessa forma, o valor por kg do volumoso produzido, enquanto o custo do concentrado foi similar entre os tratamentos.

Tabela 8. Custo de produção com base nas dietas e receita líquida por tratamento

	Tratamentos		
	LP	LP + Bagaço	LP + Silostop
Custo silagem de milho (R\$ t)	232,7	213,4	209,6
Custo silagem de grãos de milho e soja reidratado (R\$ t)	621,64	621,64	621,64
Custo silagem de grãos de milho reidratado (R\$ t)	488,3	488,3	488,3
Custo suplemento mineral (R\$ 25 kg)	133,0	133,0	133,0
Consumo silagem de milho (kg MS dia)	2,772	3,029	2,794
Consumo silagem de grãos de milho e soja reidratado (kg MS dia)	2,946	3,219	2,969
Consumo silagem de grãos de milho (kg MS dia)	0,982	1,073	0,990
Consumo suplemento mineral (kg dia)	0,230	0,251	0,232
Receita com a venda das carcaças (R\$)	2827,8	2982,5	2917,5
Custo alimentação (R\$)	263,89	284,04	261,32
Receita líquida total (R\$)	2564,0	2698,5	2656,2
Receita líquida por animal (R\$)	427,00	449,75	442,70

LP: lona preta de polietileno de 200 µm; LP+Bagaço: lona preta de polietileno de 200 µm + bagaço de cana; LP+Silostop: filme Silostop® Orange + lona preta de polietileno de 200 µm.

Os cordeiros alimentados com a silagem do tratamento LP+Bagaço apresentaram os maiores custos com alimentação (Tabela 8), e se deve ao maior consumo de MS (Tabela 6). Considerou-se que, o preço pago por kg de carcaça no abate dos animais foi

de 28,00 R\$. Assim, observa-se que, os cordeiros alimentados com a silagem do tratamento LP+Bagaço apresentaram a melhor receita com a venda das carcaças, pelo fato desses animais apresentarem maior GP durante todo o período experimental (Tabela 5), embora sem diferença estatística, quando comparados aos animais alimentados com as dietas dos demais tratamentos.

Analisando a receita líquida por animal, verificou-se superioridade do tratamento LP + Bagaço de 22,75 e 7,05 R\$, quando comparada com os cordeiros alimentados com as dietas contendo silagem proveniente do silo vedado com LP e com LP+Silostop, respectivamente (Tabela 8). Estas diferenças são importantes para ressaltar a importância da estratégia de vedação a ser utilizada no processo de ensilagem, pois, mesmo não havendo diferenças significativas de consumo e desempenho de cordeiros alimentados com as silagens de cada tratamento, a escolha se dará em função da maior receita líquida, mostrando que a vedação correta em decisões de investimento é fundamental para um bom resultado.

Conclusões

1. A silagem vedada exclusivamente com a lona preta de polietileno apresentou maior estabilidade aeróbia.
2. As diferentes estratégias de vedação utilizadas nesse experimento não influenciaram o desempenho de cordeiros Dorper x Santa Inês em terminação.
3. A silagem vedada com lona preta de polietileno coberta com bagaço de cana apresentou maior receita líquida/animal com a venda das carcaças dos cordeiros.

Referências Bibliográficas

- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.977-983, 2008.
- AMARAL, R.C.; SANTOS, M.C.; DANIEL, J.L.P.; NETO, A.; BISPO, A.W.; GARCIA, E.H.C.; BERNARDES, T.F.; NUSSIO, L.G. The influence of covering methods on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.471-478, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1990. 1117p.
- BRASIL - Ministério da Agricultura. R.I.I.S.P.O.A. 1980. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal** (Aprovado pelo decreto nº 30690, de 20.03.52, alterado pelo decreto nº 1255, de 25.06.52). Brasília. 66p.
- BROCHIER e CARVALHO. Consumo, ganho de peso e análise econômica de terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.1205-1212, 2008
- CASALLI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PAULINO, M.F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CHANEY, A.L., MARBACH, E.P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Journal: Clinical Chemistry**, 8:130-132.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton et al. **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.
- FERREIRA, J.J. Estágio de maturação ideal para ensilagem do milho e do sorgo. 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.405-428.
- HILL, J.; LEAVER, J.D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science and Technology**, v.102, p.181-195, 2002.

- HUHTANEN, P.; KAUSTELL, S.; JAAKKOLAETS, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, p.211-227, 1994.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios Básico da Fermentação na Ensilagem. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel, Me, 2013. Cap.40. p.649-660.
- JOBIM, C.C.; PEREIRA, J.R.A.; SANTOS, G.T. Sistemas de produção de leite com ênfase na utilização de volumosos conservados. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal: Funep; 2005. p.61-82.
- KUNG, L. Jr.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J..H (Eds). **Silage Science and Tecnology**. 1 ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p. 305-360.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **Biochemistry of silage**. 2nd. Ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340 p.
- MENDES NETO, J.; NEIVA, J.N.M.; VASCONCELOS, V.R.; PIMENTEL, J.C.M.; PAULA NETO, F.L. de; ALMEIDA, P.N.A.; TEIXEIRA, M. Uso da cana-de-açúcar na terminação de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu-SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.461-463.
- MERCHEN, N.R. Digestión, absorción y excreción em los rumiantes. In: CHURCH, D.C. El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza: Acríbia, Cap.9, p.191 – 224, 1988.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY J.R., G.C. (Ed). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Committee on animal nutritin. Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids and new world Camelids. Washington, D.C.: National Academies Press, 2007. 384 p.
- O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concetrates feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 1., 2001, São Pedro. **Proceedings...**Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 794 – 795.

PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MICK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p. 31-94.

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 (*Shorgum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.31-38, 1993.

PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.

SNIFFEN, C. J.; BEVERLY, R. W.; MOONEY, C. S.; ROE, M. B.; SKIDMORE, A. L. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, Madison, v.76, p.3160-3178, 1993.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.74, p.3583–3597, 1991.

WEIBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v.19, p.53-668, 1996.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, Malden, v.68, p.101-116, 1990.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação de forragens na forma de silagem depende, dentre outros fatores, da vedação eficiente do silo, com objetivo de minimizar perdas qualitativas e quantitativas da silagem.

O uso da lona preta de polietileno coberta com bagaço de cana e o uso do filme com barreira ao oxigênio na vedação do silo, em condições de fazenda, resultam em redução nas perdas de matéria seca na camada superior do silo, tornando mais eficaz a conservação dos nutrientes das silagens estocadas nessa região.

Em relação ao desempenho produtivo dos cordeiros, o resultado biológico foi afetado pela estratégia de vedação utilizada, demonstrando que os animais alimentados com a silagem proveniente do silo vedado com lona preta coberta com bagaço de cana podem proporcionar maior retorno econômico.