**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Silagens de capins Marandu e Tanzânia avaliadas quanto às perdas de conservação, perfil fermentativo, valor nutritivo e desempenho de animais, na presença de aditivos químicos, microbianos e fontes absorventes de umidade

José Leonardo Ribeiro

**Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de Concentração:
Ciência Animal e Pastagens.**

Piracicaba

2007

José Leonardo Ribeiro

Zootecnista

Silagens de capins Marandu e Tanzânia avaliadas quanto às perdas de conservação, perfil fermentativo, valor nutritivo e desempenho de animais, na presença de aditivos químicos, microbianos e fontes absorventes de umidade

Orientador:

Prof. Dr. Luiz Gustavo Nussio

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de Concentração:
Ciência Animal e Pastagens.

Piracicaba

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Ribeiro, José Leonardo

Silagens de capins Marandu e Tanzânia avaliadas quanto às perdas de conservação, perfil fermentativo, valor nutritivo e desempenho de animais, na presença de aditivos químicos, microbianos e fontes absorventes de umidade / José Leonardo Ribeiro. - - Piracicaba, 2007.
261 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Aditivos alimentares para animal 2. Alimentos volumosos 3. Bovinos de Corte 4. Digestibilidade 5. Fermentação 6. Lipídeos 7. Ração I. Título

CDD 636.2084

AMIZADE

A amizade muitas vezes é passageira,
como um vento, uma chuva, uma nuvem ou uma folha que cai.
Muitas vezes é firme como uma rocha, um diamante,
uma corrente de ferro fundido.

A amizade muitas vezes é colorida como o arco-íris,
como a paisagem que se desenha e se vive no olhar.
Muitas vezes é sem cor como os antigos filmes,
é preto no branco, é esmaecida como uma roupa velha.

A amizade muitas vezes é surpreendente, abrupta,
vem de onde menos se espera.
Muitas vezes se transforma em pó,
em outras assume um ar de "pra sempre".

A amizade se constrói e se destrói.
Muitas vezes nasce de dia e se morre a noite.
Em algumas... nasce a noite, mas não se vê ao dia.

A amizade pode ser sincera, singela, amarela.
Pode ser de confiança, aliança, esperança ou de criança.
A amizade pode ser virtual, banal, legal, sem sal ou coisa e tal.

A amizade só não pode ser "por acaso",
pois no âmago da luz dos caminhos da vida...
algo me levou até você.

Nelson Rodrigues de Barros

Ao Senhor Deus pelas amizades que tenho e tudo que sou AGRADEÇO

A minha amada e querida esposa Marcela pela dedicação plena, por respeitar minha profissão e por sempre ter assumido como suas, minhas amizades.

Ao meu filho Luís Fernando pelo novo sentido que trouxe a minha vida, por seu sorriso, carinho, bondade e pelo amor sincero.

Aos meus pais Luiz Antônio e Maria Aparecida por sempre terem me ensinado a amar a Deus, respeitar as pessoas e pelo amor praticado em família.

As minhas irmãs Juliana e Laiz pela convivência, carinho e amor sincero.

A equipe de conservação de forragem, que sempre soube trabalhar em grupo, respeitar as diferenças, estender a boa convivência no trabalho para a esfera pessoal e pela dedicação às minhas atividades.

DEDICO

Aos meus avôs Nenê e Ana pela preocupação que sempre manifestaram, durante todas as fases da minha vida.

A minha tia Cristina (in memoriam) por ter sido um exemplo e por dedicar sua vida a educação.

A todos os meus familiares que de uma forma ou de outra sempre torceram pela conclusão de mais uma etapa em minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Gustavo pelo exemplo profissional, ensinamentos, oportunidades de crescimento, honestidade, amizade e atenção manifestada em todos os momentos. Também aos seus filhos Vitor e Clara.

Aos amigos da equipe de conservação Ana Luiza, André Pedroso, Daniel Sousa, Daniele Loures, Jones Sarturi, José Guilherme, Lucas Mari, Maity Zopollatto, Mariele Camargo, Mateus Castilho, Oscar Queiroz, Marta Junqueira, Patrick Schmidt, Solidete Paziani e Vanessa Pilon pelo companheirismo e ajuda prestada.

Aos meus familiares Leite, Silvia, Daniele, Eduardo, Fernanda, Bernardo, Tiago e Marcos pelo respeito e carinho que sempre dedicaram a mim e ao meu trabalho.

Aos meus tios Benedito Luiz, Cássio Roberto e José Carlos, por meio dos quais agradeço a toda minha família.

Ao Prof. Dr. Wilson Mattos pela amizade, serenidade e exemplo de ser humano.

Aos Professores do Departamento de Zootecnia, em especial Dr. Carlos Pedreira, Dr. Sila Carneiro da Silva e Dra. Ivanete Susin por terem participado da minha formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Flávio Portela, Prof. Dr. Gerson Mourão e Prof. Dr. Ciniro Costa pela ajuda na confecção das rações, análises estatísticas e participação nas bancas de qualificação.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela estrutura cedida e pelo respaldo oferecido por meio de seus funcionários.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ Carlos César Alves e Dra. Carla Bittar pela ajuda e amizade.

Em nome das funcionárias Cleide, Giovana, Tânia e dos Srs. Laureano e Benedito estendo meus agradecimentos a todos os funcionários do Departamento de Zootecnia, pela atenção mostrada em todos os momentos que foram requisitados.

Aos amigos Zootecnistas Marcos Tse, Camila Tse, Leonardo Marco, Cássia Tanaka, Lílian Yamawaki, Tiago Nascimento e Ana Cláudia por compartilharmos dos mesmos princípios.

Aos amigos Fábio Prudêncio, Sergio Gil, Rodrigo Goulart, Marcelo (Orlandinho), Alessandro Campos, André Higuti e Alexandre por terem desempenhado atividades essenciais para o andamento dos experimentos.

Aos amigos de pós-graduação Daniel Sarmiento, Bruna, Cirilo, Renato, Gustavo, Rafael, Hugo Imaizumi, Liana, Laudi Cunha, Thiago Zanetti, Rafael Lorena, Bruno Pedreira, Salim, Vitão e Felipe Tonato pelas conversas, incentivo e troca de experiências.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do projeto e pela bolsa de pesquisa oferecida durante todo programa de pós-graduação.

Todos aqueles que de alguma forma desejaram que este momento tão importante em minha vida se concretizasse.

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Características das gramíneas tropicais destinadas à ensilagem	19
2.2 Maturidade afetando o valor nutritivo e produtividade da forragem.....	21
2.3 Fatores que afetam a capacidade fermentativa das silagens.....	22
2.4 Emurchecimento das forragens para confecção de silagens	23
2.5 Aditivos na confecção de silagens	25
2.5.1 Estimulantes da fermentação	26
2.5.2 Fontes de nutrientes e/ou absorventes de umidade.....	28
2.5.3 Aditivos inibidores de fermentação.....	30
2.6 Perdas associadas à ensilagem e conservação.....	32
2.6.1 Perdas durante a colheita.....	32
2.6.2 Produção de efluente	33
2.6.3 Produção de gases	36
2.7 Estabilidade aeróbia das silagens	37
2.8 Desempenho dos bovinos	38
Referências	41
3 VALOR NUTRITIVO E PERFIL FERMENTATIVO DAS SILAGENS DE CAPIM MARANDU, CONFECCIONADAS SOB OS EFEITOS DO TEOR DE MATÉRIA SECA E INOCULAÇÃO BACTERIANA, NO VERÃO E INVERNO	48
Resumo	48
Abstract	49
3.1 Introdução	50
3.2 Desenvolvimento.....	53
3.2.1 Material e Métodos.....	53
3.2.1.1 Local do experimento	53
3.2.1.2 Solo da área experimental.....	53

3.2.1.3 Espécie vegetal	54
3.2.1.4 Estabelecimento da espécie.....	54
3.2.1.5 Delineamento experimental e tratamentos	54
3.2.1.6 Correção e adubação do solo	55
3.2.1.7 Corte de uniformização	55
3.2.1.8 Clima	55
3.2.1.9 Colheita e picagem da forragem	56
3.2.1.10 Forragem destinada à confecção das silagens	57
3.2.1.11 Silos experimentais	59
3.2.1.12 Preparo das silagens.....	59
3.2.1.13 Coleta das amostras na abertura dos silos	60
3.2.1.14 Obtenção e análise do extrato aquoso	61
3.2.1.15 Análise químico-bromatológica	62
3.2.1.15.1 Determinação do teor de matéria seca.....	62
3.2.1.15.2 Determinação do teor de cinzas	62
3.2.1.15.3 Determinação do teor de proteína bruta.....	63
3.2.1.15.4 Determinação dos teores de FDN, FDA, lignina, DVIVMO e DVIVMS.....	63
3.2.1.16 Análise estatística dos dados	63
3.2.2 Resultados e Discussão	64
3.2.2.1 Teores de matéria seca e cinzas.....	66
3.2.2.2 Teores de proteína bruta e nitrogênio amoniacal	70
3.2.2.3 Teor de fibra insolúvel em detergente neutro	75
3.2.2.4 Teor de fibra insolúvel em detergente ácido.....	78
3.2.2.5. Teor de hemicelulose e celulose	79
3.2.2.6 Teor de lignina.....	82
3.2.2.7 Teor de carboidratos solúveis	83
3.2.2.8 Teores de ácidos graxos voláteis e do ácido láctico	85
3.2.2.9 Digestibilidade verdadeira in vitro da MO e da MS.....	90
3.3 Conclusões.....	94
Referências	95

4 PERDAS FERMENTATIVAS E PARÂMETROS FÍSICOS DAS SILAGENS DE CAPIM MARANDU, CONFECCIONADAS SOB OS EFEITOS DO TEOR DE MATÉRIA SECA E INOCULAÇÃO BACTERIANA, NO VERÃO E INVERNO	100
Resumo	100
Abstract	101
4.1 Introdução	102
4.2 Desenvolvimento	104
4.2.1 Material e Métodos	104
4.2.1.1 Espécie vegetal	104
4.2.1.2 Local do experimento	105
4.2.1.3 Delineamento experimental e tratamentos	105
4.2.1.4 Práticas agronômicas e colheita da forragem	106
4.2.1.5 Produção de MS e perdas decorrentes dos processos de colheita.....	106
4.2.1.5.1 Perdas de massa seca	106
4.2.1.6 Forragem destinada à confecção das silagens	108
4.2.1.7 Silos experimentais	110
4.2.1.8 Preparo das silagens.....	110
4.2.1.9 Abertura dos silos experimentais	110
4.2.1.10 Quantificação da produção de efluente	111
4.2.1.11 Quantificação da produção de gases	111
4.2.1.12 Determinação da recuperação de matéria seca.....	113
4.2.1.13 Coleta de amostras	113
4.2.1.14 Determinação da atividade de água	114
4.2.1.15 Determinação da condutividade elétrica.....	114
4.2.1.16 Determinação do pH e do poder tampão.....	114
4.2.1.17 Determinação do tamanho médio de partículas	115
4.2.1.18 Determinação da estabilidade aeróbia	116
4.2.1.19 Análise estatística dos dados	118
4.2.2 Resultados e Discussão	118
4.2.2.1 Valores de pH.....	120
4.2.2.2 Tamanho médio de partícula.....	123

4.2.2.3 Condutividade elétrica.....	125
4.2.2.4 Atividade de água.....	127
4.2.2.5 Densidade	129
4.2.2.6 Produção de efluente	132
4.2.2.7 Produção de gases e recuperação de matéria seca	135
4.2.2.8 Estabilidade aeróbia das silagens	140
4.3 Conclusões.....	146
Referências	148
5 EFEITOS DE FONTES ABSORVENTES DE UMIDADE, ADITIVOS QUÍMICOS E MICROBIANOS SOBRE O VALOR NUTRITIVO, PERFIL FERMENTATIVO E PERDAS EM SILAGENS DE CAPIM MARANDU.....	152
Resumo	152
Abstract	153
5.1 Introdução	154
5.2 Desenvolvimento.....	159
5.2.1 Material e métodos.....	159
5.2.1.1 Área experimental e espécie forrageira.....	159
5.2.1.2 Classificação e adubação do solo	159
5.2.1.3 Delineamento experimental e tratamentos	160
5.2.1.4 Colheita da forragem destinada a ensilagem	160
5.2.1.5 Silos experimentais	163
5.2.1.6 Confeção das silagens	163
5.2.1.7 Momento da abertura e coleta das amostras	165
5.2.1.8 Determinação da composição químico-bromatológica	165
5.2.1.9 Análise do extrato aquoso e suas variáveis dependentes.....	167
5.2.1.10 Mensuração do tamanho médio de partículas.....	167
5.2.1.11 Quantificação das perdas na abertura e RMS.....	168
5.2.1.12 Determinação da estabilidade aeróbia das silagens	168
5.2.1.13 Análise estatística dos dados	169
5.2.2 Resultados e Discussão	170
5.2.2.1 Avaliação da composição químico-bromatológica.....	171

5.2.2.1.1 Teores de matéria seca e cinzas.....	171
5.2.2.1.2 Teores de proteína bruta e nitrogênio amoniacal	176
5.2.2.1.3 Teores de fibra insolúvel em detergente neutro e fibra insolúvel em detergente ácido.....	180
5.2.2.1.4 Teores de carboidratos solúveis e ácido láctico	183
5.2.2.1.5 Digestibilidade verdadeira in vitro da matéria seca e matéria orgânica.....	188
5.2.2.2 Avaliação dos parâmetros físicos das silagens	191
5.2.2.2.1 Valores de pH.....	191
5.2.2.2.2 Tamanho médio de partículas e densidade.....	194
5.2.2.2.3 Perdas decorrentes da produção de efluente.....	197
5.2.2.2.4 Perdas por gases e recuperação de matéria seca	200
5.2.2.2.5 Estabilidade aeróbia das silagens	203
5.3 Conclusões.....	209
Referências	210
6 DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE RECEBENDO COMO FONTE DE VOLUMOSO SILAGENS DE CAPINS MARANDU E TANZÂNIA ADITIVADAS COM ÁCIDO FÓRMICO E FORMATO DE AMÔNIO	217
Resumo	217
Abstract	218
6.1 Introdução	219
6.2 Desenvolvimento	222
6.2.1 Material e Métodos	222
6.2.1.1 Local do experimento	222
6.2.1.2 Adubação dos solos e corte de uniformização	222
6.2.1.3 Desenho Experimental	222
6.2.1.4 Confeção dos silos tipo trincheira	223
6.2.1.5 Colheita da forragem destinada à ensilagem e aditivo químico	224
6.2.1.6 Abertura dos silos e manejo de retirada	225
6.2.1.7 Análise químico-bromatológica da forragem, das silagens e das rações	227
6.2.1.8 Análise do extrato aquoso da forragem e silagens.....	228
6.2.1.9 Determinação das densidades e porosidade das silagens.....	228

6.2.1.10 Mensuração das perdas por deterioração	229
6.2.1.11 Instalações, animais e rações experimentais	230
6.2.1.12 Arraçoamento	232
6.2.1.13 Predição do ganho de peso, ingestão de MS e valor energético das rações	234
6.2.1.14 Análise estatística dos dados	236
6.2.2 Resultados e Discussão	236
6.2.2.1 Composição químico-bromatológica e digestibilidade das silagens	236
6.2.2.2 Composição químico-bromatológica e digestibilidade das rações	241
6.2.2.3 Desempenho dos animais	243
6.2.2.4 Predição do ganho de peso, ingestão e valor energético das rações	250
6.3 Conclusões.....	257
Referências	258

RESUMO

Silagens de capins Marandu e Tanzânia avaliadas quanto às perdas de conservação, perfil fermentativo, valor nutritivo e desempenho de animais, na presença de aditivos químicos, microbianos e fontes absorventes de umidade

O trabalho objetivou avaliar como o emurchecimento, as fontes absorventes de umidade e os aditivos químicos e microbianos podem afetar as perdas de MS, o perfil fermentativo, os parâmetros físicos, a estabilidade aeróbia e o valor nutritivo de silagens de capim Marandu. O valor alimentício das silagens foi avaliado em bovinos de corte consumindo rações contendo silagens de capins Marandu ou Tanzânia. O capítulo 3 avaliou os efeitos do emurchecimento, da adição de polpa cítrica peletizada (PCP) e dos inoculantes bacterianos sobre o valor nutritivo e perfil fermentativo das silagens de capim Marandu. No capítulo 4 foram avaliadas as perdas de MS, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia dessas silagens. O capítulo 5 avaliou as variáveis descritas acima, porém o capim Marandu foi submetido aos efeitos da PCP ou casca de soja peletizada (CSP), e dos aditivos químicos ou microbiano. Nos três capítulos, as silagens foram confeccionadas em silos laboratoriais (20 L), que permitiu avaliar o valor nutritivo, perdas por gases e efluente. O capítulo 6 avaliou o valor alimentício e as perdas de MS em aerobiose das silagens de capins Marandu e Tanzânia, submetidas ou não ao aditivo a base de ácido fórmico e formato de amônio. O emurchecimento foi o tratamento mais efetivo em aumentar o teor de MS, o que resultou na ausência de efluente, menor produção de gases e perfil fermentativo satisfatório, no verão. Contudo, não diferiu das silagens controle para o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da MS (DVIVMS), o que somado a maior perda no recolhimento e menor estabilidade aeróbia tornaram esta prática menos interessante. A adição de PCP resultou em maior DVIVMS, em ambas estações, além de ter reduzido teores de N-NH₃ e C4. A adição de 7,5% de PCP melhorou a estabilidade e reduziu a produção de efluente e gases, resultando em maior recuperação de MS. A adição de 10% de PCP ou CSP ratificou os benefícios da polpa e comprovou a eficiência da CSP, visto que as silagens acrescidas destas fontes apresentaram maior capacidade e perfil fermentativo, maior DVIVMO e menores perdas de MS. O inoculante com duas cepas de bactérias, que atuam em momentos distintos, reduziu as perdas por gases e, assim como nos aditivos contendo ácido fórmico, foi responsável pela maior DVIVMO das silagens. Esses benefícios, entretanto, não foram verificados nos capítulos 3 e 4, provavelmente pela ausência de cepas distintas de microrganismos e pela menor quantidade de substratos a eles disponibilizados. O benzoato não propiciou incremento da DVIVMO e não reduziu as perdas por gases, tendo sido o menos efetivo. Os efeitos positivos do aditivo contendo ácido fórmico em melhorar as características das silagens foram comprovados no capítulo 6, porém, não foi possível destacar sua eficiência em melhorar o desempenho animal, bem como reduzir as perdas por deterioração durante a remoção da silagem.

Palavras-chave: Ácido fórmico; Benzoato de sódio; Digestibilidade; Estabilidade; Ganho de peso; Inoculantes

ABSTRACT

Evaluation of dry matter losses, fermentation profile, nutritive value and animal performance in Palisade and Tanzania grass silages treated with microbial and chemical additives and with moisture absorbents sources

The objective of this trial was to investigate the effects of wilting, moisture absorbents sources and chemical or microbial additives on dry matter losses, fermentation profile, physical parameters, aerobic stability and nutritive value of Palisadegrass silages. The feeding value was also evaluated in beef cattle fed Tanzania and Palisade silages based diets. The chapter 3 investigated the effects of wilting, addition of citrus pulp or inoculation with bacterial additive on the nutritive value and fermentation profile of Palisadegrass silages. In the chapter 4, the objective was to evaluate dry matter losses, physical parameters and aerobic stability of those silages. In the chapter 5, the same variables were evaluated, however, the Palisadegrass silages were ensiled with citrus pulp, soybeans husk or with chemical or microbial additives. In all chapters, the forage was ensiled in 20 L experimental silos and the nutritive value, fermentation profile and dry matter losses were determined. The chapter 6 evaluated the feeding value and the feed out losses of Palisade and Tanzania grass silages ensiled with or without formic acid based additives. The wilting process was the most effective in increasing the dry matter content and, reducing both the effluent production and the gaseous losses of silages harvested in the summer season. However, this process was ineffective in altering the IVTDMD and resulted in higher field losses. The use of citrus pulp at the time of ensiling increased the IVTDMD and reduced the ammonia-N and C4 content of silages harvested in both year seasons. The addition of 7.5% of citrus pulp also increased the aerobic stability and reduced both the effluent and gaseous production, resulting in silages with higher dry matter recovery rates. The use of either 10% of citrus pulp or soybean husk showed a similar trend, improving the fermentation profile, increasing the IVTOMD and reducing the dry matter losses. The use of the additive containing two bacterial strains, acting in different steps of the ensiling process, reduced the gaseous losses and improved the IVTOMD of the silages. These benefits, however, were not observed in the chapter 3 and 4 probably due to the lack of different bacterial strains and the low levels of fermentable substrates. The sodium benzoate was ineffective in altering the IVTOMD and did not reduce the gaseous losses. The benefits observed in the acid formic treated silages were also observed in the chapter 6, however, these silages were ineffective in improving the animal performance and reducing the feed out losses.

Keywords: Digestibility; Fermentative losses; Formic acid; Inoculants; Sodium benzoate; Stability; Weight gain

1 INTRODUÇÃO

A posição de destaque ocupada pelo Brasil no cenário agropecuário mundial, muito se deve a bovinocultura de corte. De acordo com dados divulgados pela FAO, nos últimos anos, o país possui efetivo bovino de aproximadamente 192 milhões de cabeças, o que o credencia mundialmente como detentor do maior rebanho comercial. Nos dois primeiros trimestres de 2006, o IBGE contabilizou 14,6 milhões de cabeças abatidas e 3,3 milhões de toneladas de carcaça. E, apesar do mercado interno absorver a maior parte da carne produzida, estes números expressivos ratificam a atual posição ocupada pelo Brasil, como maior exportador mundial de carne bovina.

As dimensões continentais, a grande aptidão agrícola e a vocação do país para a produção de ruminantes foram fatores decisivos na construção deste panorama. Porém, os índices zootécnicos vigentes ainda caminham distantes do que poderia ser considerado ideal. A taxa de desfrute, índice macro-econômico que se destina a medir a eficiência produtiva de um país, é um forte indicativo de que a pecuária nacional carece de maior eficiência. A baixa taxa de natalidade e a elevada idade de abate dos animais são os dois principais motivos que resultam na taxa de desfrute de apenas 20%.

A busca pelo aumento de eficiência se justifica ainda pelo fato da população se expandir em níveis assustadores, principalmente em países em desenvolvimento. Em contrapartida, o mundo vivencia um iminente esgotamento territorial, pois é muito pouco provável que a expansão da área agricultável do planeta atinja níveis superiores a 1% ao ano. Portanto, o aumento da produtividade se faz necessário para que o país possa exercer seu papel social dentro do cenário nacional, visando redução dos preços de produtos de origem animal, o que permitiria sua maior distribuição.

O aumento da eficiência produtiva quase sempre é limitado pela deficiência nutricional presenciada pelos animais ao longo do seu crescimento. Por definição, o animal só desempenhará satisfatoriamente suas funções produtivas e reprodutivas, quando a ele forem disponibilizados nutrientes em quantidade e qualidade adequadas.

Esta tarefa seria menos complexa e mais fácil de ser executada se os animais em questão não fossem ruminantes. Ao serem criados em sistema de produção

baseado quase que exclusivamente na exploração das pastagens, torna-se praticamente impossível conciliar a produção de forragem de alta qualidade, durante todo o ano, com a demanda de nutrientes dos animais.

A produção pecuária dos países localizados no trópico sul, no qual se enquadra o Brasil, é reconhecidamente afetada pela estacionalidade da produção de forragens. É indiscutível que tal estacionalidade, que determina a alternância de períodos de abundância e escassez de forragem, gera a necessidade de conservar parte da produção, de forma a atender as exigências de alimentação do rebanho na época da seca, sem comprometer o planejamento econômico do setor.

Atualmente, a utilização de silagens como fonte de alimento volumoso, no período da seca, é prática que contribui com 10-25% dos alimentos destinados aos ruminantes em algumas regiões do mundo, representando 2% do suprimento de alimentos, como média global.

Dentre as espécies forrageiras elegíveis para esta finalidade, as gramíneas dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum* vêm sendo muito utilizadas, devido ao seu alto potencial de produção de biomassa. No Brasil, as áreas cultivadas com pastagens desses gêneros são expressivas, constituindo-se a base da alimentação do rebanho, ocupando milhões de hectares do território nacional.

Contudo, um estudo realizado em propriedades brasileiras produtoras de silagens de capins desses dois gêneros, apontou para um cenário preocupante, o qual engloba todas as fases do processo de produção de silagem. Além da grande amplitude de variação de produtividade, a produção total acumulada tem se mostrado baixa (17 t MS/ha) e muito inferior ao potencial dessas plantas. A heterogeneidade torna-se ainda maior quando os parâmetros físicos e as perdas de MS ao longo do processo fermentativo são avaliados.

Estudiosos do assunto demonstraram que as perdas de energia, decorrentes da fermentação secundária, efluente produzido, bem como das deteriorações aeróbias, podem variar de 7%, nos materiais bem conservados, até valores da ordem de 40%. Portanto, ao desconsiderar ou negligenciar tais perdas, situação infelizmente observada em uma parcela dos produtores, estes passam a ser coniventes com o provável insucesso da atividade.

Situação semelhante foi observada, durante muitos anos, quando gramíneas tropicais passaram a ser ensiladas. Erroneamente, muitos produtores, subestimaram os custos gerados por estas culturas e, por consequência, seu produto final. Com o insucesso, a atividade passou a ser encarada de forma mais realista. Avaliações criteriosas demonstraram que o quilograma de NDT de uma silagem de capim é mais caro que o da silagem de milho. Deste modo, as gramíneas tropicais só se tornam opção interessante, caso venham acompanhadas de alta produtividade.

Partindo do princípio de que o potencial de produção de biomassa tem que ser alcançado, o foco do problema passa a ser o valor nutritivo apresentado pelas gramíneas tropicais, no momento da colheita. Em alguns casos, a busca pela maior produtividade implicará na colheita de plantas com maior idade de rebrotação, resultando em alimento com baixa proporção de carboidratos solúveis (CHOs) e digestibilidade. Porém, quando o objetivo é a obtenção de planta com alto valor nutritivo, esta deverá ser colhida precocemente, resultando em forragem com baixo teor de MS e alto poder tampão, o que dificulta o processo fermentativo.

Para contornar tais problemas, nas últimas décadas, práticas como o emurchecimento, a adição de fontes absorventes de umidade e/ou nutrientes, bem como o uso de aditivos químicos e/ou inoculantes bacterianos têm sido empregadas. Entretanto, os resultados promovidos pelos inoculantes têm se mostrado muitas vezes inconsistentes, sobretudo, se analisados como respostas segmentadas no processo fermentativo ou desempenho dos animais. Dentro deste contexto, a avaliação do valor alimentício dessas silagens é essencial, pois contemplaria não somente a composição químico-bromatológica e a digestibilidade, como também o consumo voluntário desse alimento.

Diferentemente das décadas passadas, a avaliação da qualidade das silagens de gramíneas tropicais se tornou facilitada, pois os equipamentos apropriados para a colheita de plantas de alto potencial de produção deixaram de ser um entrave. Este mérito deve ser dado a algumas empresas nacionais que, nas duas últimas décadas, passaram a desenvolver e produzir equipamentos de maior capacidade operacional, capazes de melhorar o desempenho da picagem, corte e recolhimento da forragem.

Estes benéficos associados aos aditivos químicos e microbianos, têm viabilizado a adoção dessa prática em maior escala.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar como a prática do emurchecimento, o uso de fontes absorventes de umidade, aditivos químicos e inoculantes bacterianos podem afetar o perfil fermentativo, o valor nutritivo, a estabilidade aeróbia, as perdas de conservação, bem como o desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capins Marandu ou Tanzânia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características das gramíneas tropicais destinadas à ensilagem

As espécies vegetais destinadas à alimentação animal se enquadram em dois grandes grupos, representados pelas espécies que primam pela qualidade e por aquelas que desfrutam do alto potencial de produção de biomassa. É neste segundo grupo que se enquadram as gramíneas tropicais, detentoras da via C4 de fixação de carbono e, por consequência, extremamente eficientes no processo fotossintético.

Porém, para que estas plantas possam expressar todo seu potencial produtivo, preservando a função de sustentação, sua estrutura anatômica se caracteriza por elevadas proporções de feixes vasculares, esclerênquima e bainha parenquimática dos feixes, o que pode comprometer o valor nutritivo destas plantas (WILSON, 1997).

Mesmo com esta limitação do ponto de vista nutricional, anualmente cerca de 5,5 milhões de hectares de pastagens perenes são semeados no Brasil Tropical, incluindo formação e recuperação (ZIMMER e EUCLIDES, 2000). De acordo com os mesmos autores, nos últimos anos, tem predominado o interesse pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, que representa mais de 50% do mercado de sementes de gramíneas tropicais.

A maior preferência pelas gramíneas, em especial aquelas pertencentes ao gênero *Brachiaria*, segundo Balsalobre et al. (2001a), se deve a maior proporção de folhas e maiores teores de MS, o que as elegem como alimento de alto valor nutritivo, quando comparadas a outras espécies detentoras de maior participação da fração colmo.

Do ponto de vista econômico, é indiscutível que a utilização destas espécies, na forma de pastagem, resultaria em menores custos de produção. Porém, o manejo eficiente dos pastos, é prática difícil de ser obtida. Segundo Hodgson (1990), a essência no manejo de pastagens só pode ser alcançada se houver um balanço efetivo das eficiências de produção, utilização e conversão.

A prática mostra que a produtividade potencial destas espécies dificilmente é alcançada, pois o maior problema é caracterizado pela baixa eficiência de utilização da

forragem produzida, resultado da ineficiência no manejo das pastagens. Portanto, a conservação da forragem excedente, além de incrementar a eficiência de utilização, forneceria quantidades suficientes de nutrientes, em épocas de escassez de forragem, outro grande problema apresentado pelas espécies localizadas em países do Trópico Sul.

Na década de 70, a grande produtividade do capim Elefante, reportada pela literatura, foi ponto de partida da evolução que as práticas de ensilagem assistiriam no futuro (FARIA, 1971 e SILVEIRA; FARIA; TOSI, 1973). Atualmente, plantas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* ganharam evidência pela ampla distribuição nacional e alto potencial produtivo. Santos (1997) verificaram no verão, para o capim Tanzânia, taxas de acúmulo diário da ordem de 150 a 200 kg MS/ha.

Devido a alta produtividade, a utilização destas espécies perenes na confecção de silagens, vem sendo difundida entre produtores e técnicos como opção economicamente mais interessante se comparada à cultura do milho (*Zea mays* L.). Após o estabelecimento das gramíneas tropicais, seus tratos culturais são facilitados e, uma vez atendidas suas exigências, por meio da calagem e adubação de reposição, podem propiciar alta produtividade e silagens de qualidade (COELHO et al., 2003).

Segundo Renvoize, Clayton e Kabuye (1996), as espécies do gênero *Brachiaria* encontram-se distribuídas por toda zona tropical do planeta, crescendo em grande faixa de variação de habitats, embora ocorram predominantemente nas savanas africanas. Grande destaque tem sido destinado à *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich. Stapf), espécie originária do Zimbábwe, região vulcânica do sul da África. Valle, Euclides e Macedo (2000) destacaram como principais atributos desta espécie: sua alta resistência à cigarrinha-das-pastagens, bom valor nutritivo, alta capacidade de cobertura do solo, bom desempenho sob condições de sombreamento, elevado potencial de resposta à aplicação de fertilizantes, alta produção de raízes e menor incidência de fotossensibilização, sendo esta característica comum em outras espécies do gênero.

No caso da *Brachiaria decumbens*, apesar de seu destaque dentre as Braquiarias, vem apresentando queda de produção após ciclos de pastejo, devido à degradação de áreas previamente estabelecidas. Segundo Zimmer e Correa (1993), esse foi o principal motivo que incrementou o interesse pela espécie *Brachiaria brizantha*

(Hochst. ex A. Rich. Stapf, cv. Marandu), cultivar desenvolvido pela EMBRAPA, CNPQC, lançado em 1984.

A mesma empresa lançou em 1990, após avaliação de mais de uma centena de acessos coletados na África, o capim *Panicum maximum*, Jacq. cv. Tanzânia. O grande interesse da comunidade científica por este gênero é pautado na produtividade e adaptabilidade. Além das características compartilhadas por este gênero, o cultivar Tanzânia ainda se destaca pela facilidade de manejo, colmos com pouca pilosidade e participação percentual de folhas próxima de 80% (JANK, 1995).

Contudo, com o avanço da maturidade é inevitável a redução do seu valor nutritivo. Este processo fisiológico, comum as demais espécies, poderia ser minimizado se a prática de ensilagem fosse introduzida de maneira estratégica dentro do sistema de produção.

2.2 Maturidade afetando o valor nutritivo e produtividade da forragem

Na tentativa de elevar a produção de biomassa, muitos produtores aumentam o intervalo entre cortes, o que ocasiona alterações estruturais e morfológicas do dossel forrageiro. Este aumento de biomassa tem como principal representante o componente morfológico colmo. Para Hodgson (1990), no início do desenvolvimento, este componente é tão digestível quanto os tecidos foliares. Contudo, o processo de lignificação, mais intenso e rápido, reduz sua digestibilidade quando comparada aos demais componentes da planta. Este efeito negativo compromete o aproveitamento e qualidade da forragem produzida.

De acordo com Hoveland e Monson (1994), o estágio de maturação tem maior influência no valor nutritivo das forrageiras que outros fatores. Contudo, esse pode ser controlado pelo manejo adequado das pastagens, que deve se estender até o momento da colheita.

Existem relatos de que o aumento do teor de MS, a redução do teor de PB e o aumento da fração fibra bruta (FB), a medida que a planta tende a completar seu ciclo fisiológico, é fenômeno comum a todas as espécies forrageiras (GRIEVE e OSBOURN, 1965). Para Euclides (1995), conforme a planta amadurece, a produção dos

componentes potencialmente digestíveis (CHOs e PB) tende a decrescer; a proporção de lignina, celulose e hemicelulose, bem como outras frações indigestíveis (cutina e sílica) aumentam, resultando em menores coeficientes de digestibilidade.

Como produto do processo de conservação, as silagens de gramíneas tropicais terão menor valor nutritivo se as mesmas forem colhidas tardiamente (SILVEIRA; FARIA; TOSI, 1973). Em contrapartida, ao serem ensiladas em estágio de desenvolvimento jovem, apresentam maior valor nutritivo, porém, o alto teor de umidade e a alta capacidade tampão podem interferir negativamente no processo fermentativo (WOOLFORD, 1984). Neste caso, a adoção de técnicas que reduzam o alto teor de umidade é fundamental para obtenção de silagens de qualidade.

Costa (1995) constatou que a melhor idade de corte do capim Marandu, visando conciliar produção e teor de PB, situou-se entre 56 e 70 dias de crescimento. Em experimento com o mesmo cultivar, Mari (2003) observou otimização da produção de MS digestível, que refletiu na ponderação entre a variação na produção e o valor nutritivo, em forragens colhidas aos 60 dias de crescimento vegetativo.

Em trabalhos que avaliaram a utilização do capim Tanzânia, exclusivamente para confecção de silagem, idades de corte entre 45 (IGARASI, 2002 e LOURES et al., 2005) e 60 dias (PAZIANI, 2004) são muito reportadas pela literatura, visto que nestas idades se verificam relações satisfatórias entre produção de MS e valor nutritivo. Contudo, ao ensilar esta espécie em silos tubulares de grande escala, com 90 dias de crescimento vegetativo, Paziani (2004) observou altos teores de PB (11,8% MS) e CHOs (5,5% MS). Portanto, a faixa temporal que se traduz no momento ideal de colheita de gramíneas tropicais é mais elástica, entretanto, deve ser monitorada para que a matéria-prima obtida não comprometa o processo de conservação.

2.3 Fatores que afetam a capacidade fermentativa das silagens

Forragens com baixos teores de MS propiciam o desenvolvimento de fermentações secundárias indesejáveis, que podem ocasionar à degradação de ácido láctico e proteína, resultando no aumento da produção de $N-NH_3$ (LAVEZZO, 1993).

Estudos dos fatores que determinam o padrão de fermentação, durante a ensilagem, têm se concentrado na inter-relação entre o teores de MS, CHOs e o poder tampão da forragem. Ao ensilar forragens com baixos teores de MS, teores de CHOs inferiores a 2,2%, em base da forragem úmida, e baixa relação entre CHOs e poder tampão, os riscos de fermentações secundárias são maiores, tornando imprescindível o uso de recursos que modifiquem esse cenário (WILKINSON et al., 1982).

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), quando o pH ou os teores de ácidos orgânicos são insuficientes para inibir a fermentação secundária do ácido láctico, surge o ácido butírico e, como consequência, proteólise das proteínas e deaminação dos aminoácidos por bactérias clostrídicas. Silagens bem manejadas, normalmente vêm acompanhadas de valores de pH entre 3,8 e 4,0. No entanto, isoladamente o pH não pode ser considerado critério seguro para avaliação da fermentação, pois seu efeito inibidor sobre as bactérias depende da velocidade do declínio da concentração iônica e do teor de umidade do meio (WOOLFORD, 1984).

Conforme o tratamento empregado à forragem, no momento da ensilagem, o pH pode ser elevado, o que necessariamente não implica em silagem de qualidade inferior. McDonald, Henderson e Heron (1991) compartilharam do mesmo raciocínio, salientando que silagens de capim submetido ao emurchecimento, ou mesmo aquelas acrescidas de polpa cítrica peletizada, podem apresentar valores de pH mais altos, visto que a inibição da atividade de microrganismos ocorre em função do aumento da pressão osmótica.

2.4 Emurchecimento das forragens para confecção de silagens

O emurchecimento se caracteriza como uma das práticas mais eficientes em incrementar o teor de MS da forragem. Não bastasse este benefício, a redução da umidade das forragens, a serem ensiladas, é acompanhado pela redução da capacidade tamponante do material (PLAYNE e McDONALD, 1966). Esta prática restringe a disponibilidade de íons inorgânicos para formação de novos sistemas tampões com os ácidos orgânicos, produzidos durante o processo fermentativo.

Dentro deste contexto, a prática do emurchecimento se apresenta como alternativa viável quando gramíneas tropicais, em estágio vegetativo, são destinadas a ensilagem. Lavezzo (1985) concluiu que o emurchecimento, quase sempre, propicia a obtenção de silagens melhores que aquelas confeccionadas com capim úmido.

A remoção parcial de água da forragem restringe a extensão e reduz a incidência de fermentações secundárias no silo. Como regra geral, essa prática melhora a qualidade da silagem, em especial a digestibilidade, o consumo voluntário e a eficiência de utilização do nitrogênio pelo animal, conforme foi constatado nos trabalhos realizados com capim Elefante (LAVEZZO, 1985 e VILELA e WILKINSON, 1987).

Porém, McDonald, Henderson e Heron (1991) ressaltaram que os estudos avaliando o emurchecimento produziram resultados muito variáveis, em função de alterações das condições climáticas. Em condições úmidas e quentes o emurchecimento pode não ser rápido, sendo que as perdas bioquímicas da respiração podem ser maiores do que as perdas da silagem não emurchecida, tendo sua digestibilidade diminuída (THOMAS e THOMAS, 1985).

Situação oposta foi verificada por Alberto et al. (1993) nos trópicos semi-áridos, onde é possível obter rápido emurchecimento em 3 a 4 horas de exposição ao sol, sem que isto resulte na diminuição da digestibilidade, podendo ainda melhorar o padrão de fermentação. Com período de exposição ao sol similar, Monteiro (1996) observou elevação do teor de MS da alfafa de 21,0 para 40,0%. As condições climáticas no dia do emurchecimento foram de 23,8 °C de temperatura média, umidade relativa do ar de 70% e radiação solar de 493 cal/cm²/dia.

Para Wilkinson (1983), o emurchecimento é um dos métodos mais eficientes, do ponto de vista técnico e econômico, em elevar o teor de MS de plantas forrageiras. Entretanto, em sua revisão sobre forrageiras de clima tropical, constatou que havia no mercado a falta de equipamentos adequados para o corte, acondicionamento, recolhimento e transporte até o silo de plantas submetidas a esta prática.

Recentemente, foram observados progressos das empresas nacionais de equipamentos, que conferiram considerável melhoria na autonomia das colhedoras de forragem, havendo, entretanto, necessidade de ganhos adicionais no corte de precisão. As perdas oriundas do recolhimento da forragem emurchecida ainda são expressivas.

Igarasi (2002) verificou perdas por recolhimento que representaram 20,3% da MS total disponível, quando o capim Tanzânia foi submetido ao emurchecimento e de 6,7% da MS total quando o recolhimento foi realizado pelo corte direto, ambos ocorridos no verão.

Apesar do mecanismo de recolhimento dos equipamentos nacionais ser o principal responsável pelo incremento das perdas, a estrutura e altura do dossel forrageiro, bem como a topografia acidentada dos terrenos contribuem para elevação das perdas. Na década de 70, Faria (1971) ressaltava que o custo de produção da silagem era elevado com o emurchecimento, em decorrência da maior utilização de equipamentos e mão-de-obra.

2.5 Aditivos na confecção de silagens

A indústria responsável pelo desenvolvimento de aditivos para silagens cresce a cada ano e movimenta milhões de reais. Os números não impressionam somente pelo capital investido, mas também pelo número crescente de empresas multinacionais atuantes neste setor e pela gama de produtos lançados anualmente no mercado nacional.

Estes aditivos se dividem em três categorias: estimulantes da fermentação, como inoculantes bacterianos e enzimas; fontes de nutrientes e/ou absorventes de umidade como a PCP, a CSP e milho; e inibidores de fermentação, como os ácidos orgânicos, sendo os ácidos propiônico, acético e fórmico os mais comumente empregados, e dentre os inorgânicos, o ácido sulfúrico e fosfórico (HENDERSON, 1993 e WOOLFORD, 1984).

Com todos estes aditivos disponíveis, a escolha em utilizá-los ou não, se transforma em tarefa complexa. Dentro deste contexto, o conhecimento dos microrganismos utilizados e seu modo de ação, bem como as consequências de seu uso ao longo de todo processo de conservação e, subsequente desempenho do animal, é fundamental para tomada de decisão. A maior dificuldade desta tarefa está exatamente em considerar todas as etapas em que o aditivo exerce efeito direto ou indireto.

2.5.1 Estimulantes da fermentação

Atualmente os inoculantes bacterianos abrangem a classe de aditivos com mais rápido desenvolvimento em todo o mundo, se destacando como o principal aditivo para silagem nos Estados Unidos (MUCK e KUNG Jr., 1997). Estes inoculantes e enzimas têm como representantes culturas vivas de *Lactobacillus sp*, *Pediococcus sp* ou *Streptococcus sp*, predominando as espécies *Lactobacillus plantarum* e/ou *Streptococcus faecium*.

Tais bactérias convertem açúcares (glucose e frutose) em ácido láctico, resultando em menores perdas na fermentação (McDONALD; HENDERSON; HERON 1991). Segundo Lavezzo (1993), esses produtos aumentam a disponibilidade de açúcares simples, via complexo enzimático, para que as bactérias se utilizem desses açúcares, aumentando assim, a produção de ácido láctico com queda rápida do pH. Dessa forma, o processo de fermentação é menos prolongado, resultando em menores perdas de nutrientes.

Segundo Muck e Kung Jr. (1997), essas bactérias têm sido selecionadas por crescerem rapidamente em ampla faixa de condições de umidade e temperatura, sendo também as principais produtoras de ácido láctico, quando seu crescimento se dá em ambiente rico em CHOs. Porém, Sharp et al. (1994) ressaltam que um dos fatores apontados para explicar a falta de resposta dos inoculantes bacterianos, em silagens com altos teores de CHOs e MS, tem sido a contaminação por solos, bem como algumas características da forragem a ser ensilada.

Em se tratando de gramíneas tropicais, a situação mais comum é o baixo teor de CHOs, no momento da ensilagem. Sendo assim, a ação das bactérias inoculadas poderá ser limitada, resultando em menor efeito potencial na qualidade da silagem (MUCK e KUNG Jr, 1997). Para Bolsen, Ashbell e Wilkinson (1995), a inoculação bacteriana é necessária, visto que a população de bactérias lácticas epífitas é muito variável, oscilando de nenhuma a diversos milhões de UFC (unidades formadoras de colônia)/g de forragem. O autor recomenda que se forneça no mínimo $1,0 \times 10^5$ UFC/g de forragem úmida.

Porém, dependendo da espécie de bactéria envolvida no processo e do substrato utilizado, o etanol, muito comum em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), pode ser sintetizado durante a fermentação heterolática. Neste tipo de fermentação, a glucose e a frutose são degradadas pela via 6-fosfogluconato até gliceraldeído 3-fosfato e acetilfosfato.

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), uma alternativa para reduzir a síntese do etanol, estaria na inoculação das silagens com cepas de *Lactobacillus buchneri*, uma bactéria heterolática que não produz etanol na fermentação anaeróbia da glucose. Este fato é explicado pela ausência da enzima acetaldéido desidrogenase. A glucose será fermentada a acetato se houver receptor de hidrogênio, como a frutose, que será então reduzida a manitol.

Os estudos de Oude Elferink et al. (1999) observaram que as bactérias *L. buchneri* são capazes de metabolizar o ácido láctico a ácido acético e 1,2-propanodiol, além de reduzirem o crescimento e a sobrevivência de leveduras e melhorar a estabilidade aeróbia de silagens de milho. Todavia, o estudo de Driehuis, Olde elferink e Van Wilkselaar (1999) mostrou que o inoculante contendo cepas de *L. buchneri*, apesar de ter melhorado a estabilidade aeróbia, em condições de laboratório, não se traduziu em efeito positivo na ingestão de MS e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho.

Resultados opostos foram obtidos por Schmidt (2006) trabalhando com novilhos da raça Canchim e Nelore e Pedroso et al. (2006) avaliando novilhas da raça Holandesa, que receberam como fonte de volumoso a silagem de cana-de-açúcar submetida a vários aditivos. Estes autores verificaram melhor desempenho dos animais alimentados com silagens inoculadas com *L. buchneri*. O incremento no ganho de peso médio dos novilhos foi de 0,26 kg/dia e das novilhas 0,24 kg/dia em relação aos animais que receberam silagens não inoculadas.

Esta breve revisão demonstra que os resultados reportados pela literatura, no que diz respeito à utilização de inoculantes bacterianos, variam muito em função da espécie forrageira, da variável de interesse e da composição e dosagem do inoculante. Este cenário impõe à comunidade científica a necessidade de se realizar novos estudos, visando a adequação do inoculante em função da espécie vegetal, uma vez

que o uso indiscriminado destes estimulantes de fermentação representam incremento de custo.

2.5.2 Fontes de nutrientes e/ou absorventes de umidade

Em se tratando de ensilagem de gramíneas tropicais, a utilização desta categoria de aditivo, normalmente se traduz em melhoria no perfil fermentativo das silagens. Para Vilela (1998), o uso de aditivos fornecedores de CHOs e que tenham capacidade absorvente de umidade são fundamentais no processo de ensilagem destas espécies, que apresentam baixos teores de MS associados a baixos teores de CHOs.

O problema se agrava quando há distribuição irregular de água e de substrato no armazenamento da forragem, resultando em condições variáveis de crescimento de vários microrganismos encontrados na planta (PAULY, 1999). Esta heterogeneidade possibilita aos microrganismos deletérios encontrarem nichos em que as condições são favoráveis para o seu crescimento.

Como exemplo poderia ser destacado as bactérias do gênero *Clostridium*, as quais podem favorecer fermentações secundárias, degradando aminoácidos até aminas e amônia, reduzindo o valor nutritivo da silagem (PAULY; HANSSON; THAM, 1999). O crescimento das bactérias desse gênero pode ser explicado por valores de atividade de água (A_w) superiores a 0,94. Sendo assim, a adição de material seco e absorvente de umidade a forragem, no momento da ensilagem, é uma alternativa para reduzir o crescimento deste gênero de bactérias, visto que a elevação da pressão osmótica é a forma mais efetiva de controle.

Corsi, Faria e Pullici (1971) avaliaram a diminuição do teor de umidade do capim Elefante cv. Napier, ensilado-o em sacos plásticos, na presença de fubá de milho ou feno de capim ou feno de leguminosa ou palha de arroz. Esses tratamentos propiciaram elevação média do teor de MS das silagens em 68% quando comparados à silagem controle. Além disso, alteraram as fermentações da massa ensilada, praticamente inibindo o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido butírico.

Além de desempenhar a função proposta, estes aditivos precisam apresentar disponibilidade e preços competitivos. Partindo deste princípio, a PCP e a CSP se

apresentam como opções interessantes em regiões produtoras de citrus e soja, respectivamente.

A indústria de suco de laranja produz como subproduto o bagaço, que compreende aproximadamente 50% do total da fruta e constitui o principal subproduto comercializado em nível nacional. Os subprodutos cítricos melhoram a fermentação da silagem e aumentam sua aceitação pelos animais. Seu valor para alimentação de ruminantes é alto, semelhante aos grãos, com valor de NDT entre 83 e 88% (ASHBELL, 1992), muito próximo dos valores encontrados por Van Soest (1994), para quem o bagaço de laranja desidratado apresenta em média 82% de NDT, 7,0% de PB e 23% de FDN.

Quando em contato com forragens úmidas, a PCP pode elevar seu peso em até 145% (VILELA, 1998). Desse modo, ela preserva nutrientes que, caso contrário, seriam perdidos pelo efluente ou pela própria fermentação indesejável durante o armazenamento.

Para silagens de gramíneas tropicais, independe do nível adicionado, os resultados obtidos no início da década de 70 por Faria et al. (1970) até os obtidos atualmente (BERGAMASCHINE et al., 2006) foram favoráveis à inclusão de polpa cítrica, na forma seca e triturada para melhorar as características qualitativas das silagens.

A casca de soja, obtida no processamento da extração do óleo do grão, se caracteriza como subproduto muito utilizado na alimentação de animais ruminantes. A maioria dos trabalhos que o avaliam, se concentram em determinar os coeficientes de digestibilidade e degradabilidade, ou seus efeitos na substituição parcial do milho ou grão de sorgo, bem como outros concentrados.

Segundo NRC (1996) a casca de soja apresenta em média 91,0% de MS, 12,2% de PB, 66,3% de FDN e 80,0% de NDT. Embora seja um alimento rico em hemicelulose e celulose, a digestibilidade da parede celular é muito elevada. Zambom et al. (2001), ao avaliarem o coeficiente de digestibilidade *in vitro* da parede celular da casca do grão de soja, observaram valor médio de 95,7%, bem superior aos 60% encontrados no milho e farelo de trigo.

As características nutricionais apresentadas por este subproduto, somada a sua disponibilidade no mercado e, provável excelência na capacidade absorvente, torna-o uma opção interessante como aditivo para silagens.

2.5.3 Aditivos inibidores de fermentação

Esta categoria de aditivos tem como representantes os inibidores que atuam em condições aeróbios e anaeróbios. Os sulfatos, propionatos e amônia são exemplos de inibidores aeróbios. Como representantes dos inibidores anaeróbios se destacam os ácidos orgânicos (fórmico, benzóico e cítrico) e os minerais (sulfúrico e fosfórico). Muitos desses ácidos possuem modo de ação eficiente tanto em condições aeróbia quanto anaeróbia, como é o caso do ácido acético e propiônico.

Os ácidos orgânicos têm a vantagem de serem metabolizados, fornecendo assim energia alimentar. No entanto, como ácidos fracos há necessidade de maior quantidade para que se possa alcançar o valor equivalente de pH (VAN SOEST, 1994). Dentre os orgânicos, o ácido fórmico é considerado o mais forte. Sua presença nas formigas foi verificada no século XVII e sua obtenção ocorreu por meio de destilação com água do *Bombyx processionea*, na *Formica rufa* (PEDREIRA, 1947).

Este ácido monocarboxílico, de cadeia aberta, vem sendo utilizado como aditivo para silagens desde 1926. Contudo, no passado, estudos da sua utilização como aditivo foram frustrantes, em parte pela dificuldade de distribuição, mas também porque não era muito efetivo quando aplicado em forragens com maior idade de rebrotação (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Por este motivo, atualmente o ácido fórmico vem sendo utilizando com relativo êxito em forragens ensiladas com alto teor de umidade (VAN SOEST, 1994).

Com a introdução de um novo tipo de máquina no processo de colheita o mesmo passou a ser aspergido efetivamente sobre a forragem, imediatamente após o corte, o que tornou seu uso comercial bastante difundido (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Porém, o efeito da aplicação de ácido fórmico na composição química das silagens dependerá da dosagem aplicada, do teor de MS do material ensilado e da espécie forrageira.

Ao estudarem os efeitos de diferentes doses de ácido fórmico em Azevém e Trevo, Carpintero, Henderson e McDonald (1979) relataram que a maior dose (7,7 g/kg forragem úmida) propiciou aumento nos teores de CHOs das silagens (25,0%) quando comparada a silagem controle (20,3%), o que presume a ocorrência de hidrólise de polissacarídeos durante o período de armazenamento.

Quando somente o Azevém perene (15,6% de MS, 1,9% de Nitrogênio Total e 14,1% de CHOs) aditivado com ácido fórmico (5,4 g/kg forragem úmida) foi ensilado, Nsereko e Rooke (2000) verificaram altas concentrações de CHOs residuais (10,8% MS) e baixas concentrações dos ácido láctico (0,8%) e acético (0,1%) quando comparado a silagem controle (0,8; 8,9 e 2,0%, respectivamente). Os resultados não caracterizam um processo de hidrólise, provavelmente pela menor dose, mas indicam que a fermentação nessas silagens foi restrita em decorrência do poder inibitório exercido pelo ácido fórmico.

Quanto aos efeitos deste ácido sobre a fração nitrogenada das silagens tratadas, Nsereko e Rooke (2000) observaram redução de 91,6% na concentração de N-NH₃ (1,0% N Total) e incremento de 130% na concentração de peptídeos (2,3% N Total), quando comparadas a silagem controle. Este resultado corrobora com a constatação de Carpintero, Henderson e McDonald (1979), que ao avaliarem maiores doses do ácido, presenciaram o decréscimo das taxas de proteólise e desaminação.

O aumento da concentração de peptídeos nas silagens pode aumentar a eficiência de utilização do rúmen em sintetizar proteína microbiana, uma vez que a incorporação deste N no material celular é mais eficiente que outras fontes de N, como é o caso da amônia.

Na tentativa de evitar a ação corrosiva e os problemas de manipulação desencadeados pela utilização do ácido fórmico, foram desenvolvidos comercialmente os sais orgânicos, como é o caso do formato de amônio. Este sal de ácido fórmico, solúvel em água e cristalizável, desfruta das propriedades redutoras do ácido. Quando dissociado, disponibiliza ao meio ácido fórmico e amônia:

A amônia e o íon amônio parecem ser razoáveis inibidores de fungos em silagens com alto teor de MS (VAN SOEST, 1994). Estes sais podem ser obtidos pelo tratamento do ácido fórmico com seus respectivos hidróxidos, óxidos ou carbonatos, ainda pela ação a quente do óxido de carbono sobre os hidróxidos de metais (PEDREIRA, 1947). Devido a menor participação de ácido fórmico na composição do sal, quando este for utilizado isoladamente, deverá ser aplicado em dosagens maiores.

2.6 Perdas associadas à ensilagem e conservação

As perdas são caracterizadas pelo desaparecimento de energia ou MS durante a ensilagem. Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), a respiração residual durante o enchimento do silo e imediatamente após sua vedação, a fermentação secundária, o efluente produzido durante o processo de secagem no campo e no silo e as deteriorações aeróbias, presentes durante a estocagem e retirada da silagem, são as maiores fontes de perdas de energia. Estas podem variar de 7%, para materiais bem conservados, até valores da ordem de 40%.

A mensuração dessas perdas no setor agropecuário não é prática comum, embora seja imprescindível para que se possa analisar a viabilidade desse sistema de produção.

2.6.1 Perdas durante a colheita

Quando o objetivo é a conservação da forragem, na forma de silagem, as perdas são precedidas dos processos de colheita, as quais são elevadas quando acompanhadas da prática de emurchecimento.

As perdas na colheita são caracterizadas pela forragem picada e não recolhida, pelo resíduo não colhido e pelas perdas por deriva. Paziani (2004) avaliando tais perdas em capim Tanzânia, verificou que 2,9% da MS total disponível permaneceu no campo pelo corte direto. Quando a mesma colhedora foi utilizada para colheita da mesma gramínea, porém submetida ao emurchecimento, as perdas se elevaram para

5,5%. Igarasi (2002) trabalhando com a mesma colhedora de área total, na mesma área, avaliando a mesma espécie forrageira, verificou incremento de 300% nas perdas de colheita quando a forragem foi emurcheada.

Em contrapartida, Castro et al. (2001) utilizando colhedora automotriz, com segadora de rolos com facas, obteve perdas muito menos expressivas, principalmente ao promover o emurhecimento do capim Tifton 85 (*Cynodon* sp.), o que segundo Balsalobre et al. (2001a) se deve aos efeitos combinados da espécie forrageira, mas principalmente ao sistema de colheita dos equipamentos utilizados.

2.6.2 Produção de efluente

Na Europa, o aumento significativo da confecção de silagem, associado as mudanças nas práticas agrônômicas, tem favorecido o incremento da produção de efluente nas propriedades, especialmente nas duas últimas décadas. Tais mudanças, somadas a inadequada capacidade de estocagem e condições estruturais precárias, têm contribuído para o aumento da poluição de cursos de água. Esse fato, despertou o interesse crescente das autoridades responsáveis, agências do governo e entidades envolvidas com a proteção ambiental naqueles países (JONES e JONES, 1995).

O reconhecimento do efluente como um dos maiores agentes poluidores da agricultura, tem direcionado os esforços das pesquisas no desenvolvimento de avaliações mais efetivas de controle. Outro aspecto importante, diz respeito à produção de efluente como forma de depreciação do valor nutritivo durante o processo de conservação, visto que este é constituído de compostos orgânicos como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Na tentativa de reduzir estas perdas, a correlação negativa entre o teor de MS da forragem e sua produção de efluente tem sido alvo de estudos há décadas (WOOLFORD, 1984). Porém, para Balsalobre et al. (2001a), esta forma de abordagem poderia caracterizar distorção, visto não ter sido observada correlação negativa entre teor de MS e produção de efluente, em inúmeros trabalhos.

Apesar do teor de MS da planta exercer a maior influência, equações preditoras da produção de efluente, pautadas exclusivamente neste parâmetro, terão pouco valor na determinação da produção de efluente em alguns grupos particulares de plantas, condições climáticas e de ensilagem. O efluente produzido é claramente influenciado por outros fatores adicionais ao teor de MS da forragem, sendo que a quantidade de fertilizante, de aditivos e as espécies ou variedades usadas são alguns destes (HAIGH, 1999).

Em adição, o grau de compactação do material ensilado, o tipo de silo e o pré-tratamento mecânico da forragem também irão afetar decisivamente o volume de efluente. Para plantas forrageiras ensiladas com alto teor de umidade, as perdas de MS por efluente podem exceder a 10%, sendo que sob teores de MS em torno de 30%, esta produção pode ser pouco significativa (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Segundo Muck (2001), o teor de MS deve variar de 30 a 50%, sendo que em silagens com teor de MS menor que 30%, a produção de efluente e fermentação por bactérias do gênero *Clostridium* passam a ser mais significativas.

Partindo do princípio que há necessidade de se elevar o teor de MS das forragens úmidas, no momento da ensilagem, a prática do emurchecimento ou a adição de fontes absorventes de umidade apresentam-se como as principais opções disponíveis.

Ao adicionar 10% de PCP ao capim Marandu, no momento da ensilagem, Bernardes (2003) verificou redução de 85% na produção total de efluente, ratificando assim os relatos de (VILELA, 1998), quanto ao grande poder absorvente exercido pela PCP. Aguiar et al. (2000), ao ensilarem o capim Tanzânia com 5 e 10% PCP, também observaram redução na produção de efluente (5,8 e 3,9% MS, respectivamente) assim como nas perdas totais (22,2 e 17,0% MS, respectivamente).

Quanto aos efeitos apresentados pelos aditivos, HAIGH (1999) reportou que a adição de bactérias lácticas e enzimas, em silagens de Azevém perene (*Lolium multiflorum* L.) mais Trevo-branco (*Trifolium repens* L.) e silagens exclusivas de Azevém perene apresentou pouco efeito sobre a produção de efluente. O mesmo autor, baseado nos dados referentes a 33 silagens (Figura 1) propôs uma equação para se estimar a produção de efluente em relação ao teor de MS.

Figura 1 – Produção de efluente associada ao teor de matéria seca em silos horizontais de 100 toneladas. Fonte: Haigh (1999)

Em função da Figura, é possível concluir que em plantas ensiladas com teor de MS superior a 25%, a produção de efluente será nula. Porém, como reportado pelo autor, outros fatores interferem nessa variável. Experimentos conduzidos em laboratório ou em silos de pequena escala têm demonstrado efeito marcante da pressão aplicada na compactação sobre a produção de efluente. Resultados conflitantes sobre este efeito têm sido evidenciados em silos de grande porte.

De qualquer modo, o grau de compactação, usualmente conseguido pela compressão mecânica, é imprescindível para que se consiga a expulsão do ar e o estabelecimento de condições anaeróbias no silo (GREENHILL, 1964). A obtenção de valor adequado de densidade da massa ensilada dependerá do peso e do tempo de compactação, da espessura da camada de forragem colocada no silo, da taxa de enchimento, do teor de MS da forragem e do tamanho médio de partículas (BALSALOBRE et al., 2001a e HOLMES e MUCK, 1999).

De acordo com Jones e Jones (1995), para o desenvolvimento de modelos mais precisos e de equações de predição da produção de efluente, são necessárias mais

informações relativas ao mecanismo de liberação nos tecidos da planta e seu fluxo pela massa ensilada.

Estes autores concluíram em sua revisão, que a produção de efluente em silos de grande porte depende não apenas da composição da planta forrageira utilizada, mas também do escoamento do efluente pela massa de silagem de diferentes densidades. Estas características de compressão e de escoamento são difíceis, senão impossíveis de serem reproduzidas em silos experimentais menores.

2.6.3 Produção de gases

Os gases produzidos durante o processo fermentativo se caracterizam como a principal fonte de perda em silagens de gramíneas tropicais. Por este motivo, os esforços, observados no campo, visando controle desta fonte de perda estão aquém de sua importância.

A literatura mostra que as maiores produções de gases estão associadas às bactérias heterofermentativas, enterobactérias, leveduras e bactérias do gênero *Clostridium* ssp. Mari (2003) observou em silagens de capim Marandu tendência de redução na produção de gases com o aumento do intervalo de cortes. Segundo este autor, os tratamentos representados pelos menores intervalos podem ter sido acompanhados de maior fermentação clostrídica, o que poderia justificar as maiores perdas por gases.

Balsalobre et al. (2001b) ensilaram o capim Tanzânia com 60 dias de rebrotação (20% MS) com três níveis de PCP (0, 5 e 10%, em base da forragem úmida) e três tamanhos médios de partículas. A redução no tamanho de partículas e a adição de PCP diminuíram as perdas por gases e intensificaram a fermentação, resultando em menor pH. No entanto, os autores constataram que o menor tamanho de partículas não foi efetivo em minimizar as perdas totais, pois apesar da menor perda por gases, houve incremento da produção de efluente.

Para McDonald, Henderson e Heron (1991), aumento significativo nas perdas por gases ocorre quando há produção de álcool (etanol ou manitol), característico da fermentação promovida por bactérias heterofermentativas, por enterobactérias e por

leveduras. Entretanto, as perdas de MS são maiores quando a fermentação é butírica, promovida por bactérias do gênero *Clostridium*. Nesse caso, tanto as perdas de MS como de energia são elevadas.

2.7 Estabilidade aeróbia das silagens

A avaliação da estabilidade aeróbia das silagens está associada ao desenvolvimento de bactérias aeróbias facultativas, fungos e leveduras, responsáveis por alterações microbiológicas do material conservado, após a abertura do silo. Conseqüentemente, quanto menor a estabilidade aeróbia do material conservado, maior será o consumo de substratos fermentescíveis, fato decorrente da esporulação desencadeada pelos microrganismos supracitados (OUDE ELFERINK et al., 1999).

Segundo a metodologia de Keady e O'kiely (1996), a estabilidade é definida como sendo o tempo observado para que a massa de silagem, após a abertura do silo, apresente elevação de 2 °C em relação à temperatura ambiente.

Na ensilagem de capins tropicais, a utilização de aditivos fornecedores de nutrientes, como a polpa cítrica, tem contribuído para maior ocorrência de fungos leveduriformes e filamentosos e, conseqüentemente, a menor estabilidade (WOOLFORD, 1990). Todavia, Bernardes et al. (2003) ressaltaram que a ausência desse aditivo, durante a fermentação, pode propiciar o desenvolvimento de bactérias aeróbias, como bacilos e enterobactérias, ao longo do processo de descarregamento dos silos.

Os efeitos exercidos pelos estimulantes de fermentação, sobre a estabilidade aeróbia, são muito variados em decorrência do grande número de cepas de microrganismos. Para Wohlt (1989), os inoculantes contendo bactérias ácido lácticas homofermentativas podem melhorar a estabilidade aeróbia da silagem. Contudo, na maioria dos casos, fermentação homoláctica dominante pode reduzir a estabilidade aeróbia (MUCK e KUNG Jr., 1997), uma vez que o ácido láctico não é agente antimicótico efetivo. Além disso, este ácido é produto de fermentação instável e geralmente é utilizado como substrato para produção de etanol por leveduras durante a exposição aeróbia.

Em condição de aerobiose, após a abertura do silo, a exclusiva produção de ácido láctico determina menor estabilidade aeróbia e maior aquecimento da silagem no painel do silo e no cocho (KUNG Jr, 2001). Sob tais condições, o uso de aditivos contendo bactérias heteroláticas, que produzem além do ácido láctico o acético, é desejável. Recentemente, o uso de *L. buchneri* deficiente em produção de etanol tem convergido para garantir fermentação satisfatória, associada à efetiva inibição do crescimento de leveduras e fungos e, por consequência, maior estabilidade.

Segundo Woolford (1975), silagens tratadas com *L. buchneri* apresentam maior teor de ácido acético que aquelas não tratadas. Este ácido apresenta grande propriedade antifúngica e sua alta concentração é, provavelmente, o principal motivo dos melhores resultados de estabilidade aeróbia serem atribuídos as silagens tratadas com *L. buchneri*. Benefícios similares foram reportados por Ranjit e Kung Jr. (2000) quando silagem de milho foi inoculada com a mesma bactéria.

2.8 Desempenho dos bovinos

Os experimentos avaliando o desempenho dos animais são necessários para que o valor alimentício possa ser obtido. Não é incomum alimentos apresentarem alto valor nutritivo, porém baixa qualidade, decorrente da baixa ingestão voluntária dos animais. Apesar do maior investimento, estes experimentos são imprescindíveis para que haja recomendação de um determinado alimento ou ração.

De acordo com Van Soest (1994), a ingestão de silagem é inadequadamente compreendida. Em adição, a fração nitrogenada é constantemente colocada em pauta, quando o assunto é a baixa qualidade das silagens e, conseqüentemente, sua ingestão pelos animais. Porém, outros mecanismos podem estar envolvidos como, por exemplo, o tamanho médio de partículas do material ensilado.

Dentre as causas responsáveis pela menor ingestão voluntária de silagens mal preservadas, Van Soest (1994) destaca: a síntese de substância tóxica, talvez uma amina, produzida pela fermentação, os altos teores de ácidos em fermentações muito extensas, o que propiciaria redução da aceitabilidade; e o decréscimo de substâncias

prontamente fermentescíveis, privando os microrganismos do rúmen de energia, substrato necessário para seu crescimento.

Em estudo de desempenho com carneiros, Wilkins et al. (1971) verificaram que a ingestão de MS, de 70 silagens, se correlacionou positivamente com os teores de MS, N Total e ácido láctico. Porém, os teores de ácido acético e N-NH₃ correlacionaram-se negativamente com a ingestão de MS.

Com raríssimas exceções, como é o caso do milho e sorgo, as demais culturas destinadas à ensilagem necessitam ser aditivadas. O não cumprimento desta prática propiciará silagens de menor valor alimentício. Em se tratando de gramíneas tropicais, muitos são os trabalhos avaliando o uso de inoculantes bacterianos e/ou enzimas sobre o desempenho dos animais. Porém, a mesma avaliação com aditivos a base de ácido fórmico é mais restrita, apesar dos bons resultados divulgados pela literatura.

Os efeitos benéficos do ácido fórmico em melhorar a ingestão voluntária de silagens são bem conhecidos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Entretanto, o aumento da ingestão será muito dependente da qualidade de preservação da silagem não tratada, bem como da dosagem aplicada. As recomendações que no passado eram de 2,3 L/t de forragem úmida, foram reconsideradas, em função dos resultados marginais recorrentes.

Partindo deste princípio, Henderson et al., 1989 apud McDonald, Henderson e Heron (1991) ensilaram Azevém com ou sem aplicação de ácido fórmico, na dose de 5 L/t de forragem úmida. A silagem aditivada foi caracterizada pelo maior valor alimentício. Este fato foi relacionado ao decréscimo imediato do pH da forragem submetida à aplicação do ácido fórmico. Com valor de pH 4, houve inibição de microrganismos, resultando na preservação de CHOs (11,7 e 0,9% MS, para silagens tratadas e não tratadas).

Como benefícios desta preservação, os autores ressaltaram a maior ingestão de silagem (0,92 e 0,63 kg MS/dia), o maior ganho de peso (0,16 e 0,06 kg/dia) e a melhor eficiência de conversão (0,17 e 0,09 kg PV/kg MS) quando cordeiros receberam silagens (tratadas e não tratadas) e 0,6 kg/dia de subproduto de cervejaria.

Winters, Fychan e Jones (2001) também verificaram efeitos positivos da aplicação de ácido fórmico em Azevém com alto teor de umidade (19,7% MS), no

momento da ensilagem. Após terem ofertado exclusivamente silagens, durante 69 dias, a novilhos Chalorês, os autores observaram maior ingestão de MS (8,41 e 7,42 kg MS/dia) e maior ganho de peso diário (0,94 e 0,66 kg) para animais recebendo silagem aditivada e não aditivadas.

Para estes autores, o melhor desempenho dos animais que consumiram a silagem aditivada, poderia ser em parte, explicada pelo melhor balanço de aminoácidos, principalmente pelo incremento de lisina e arginina. A silagem aditivada com ácido fórmico pode ter limitado o desarranjo de proteínas pelo rápido declínio do pH e inibição da atividade enzimática, bem como pela paralisação do crescimento de bactérias que degradam proteínas, como as do gênero *Clostridium*.

Jaakkola, Kaunisti e Huhtanen (2006) avaliaram os efeitos de doses crescentes de ácido fórmico sobre a composição química e fermentação ruminal de bovinos ingerindo 70% de silagem de capim-de-rebanho. O aumento da dosagem propiciou o incremento da utilização de energia e/ou proteína como substratos para os microrganismos do rúmen, bem como promoveu alterações no padrão de síntese de AGV.

Em se tratando das características apresentadas pelas gramíneas tropicais, a utilização de ácido fórmico se apresenta como opção interessante. A disponibilização deste ácido pode ocorrer por meio de dissociação de sais, como é o caso do formato de amônio. Este sal orgânico, embora mais fraco que o ácido, é menos corrosivo o que facilita sua aplicação.

Os aditivos contendo ácido fórmico e sais de amônio têm sua origem e principal utilização no continente Europeu. Portanto, a avaliação destes produtos, em silagens de gramíneas tropicais, se faz necessária para que os produtores possam ter mais ferramentas no momento de investirem em aditivos para conservação de silagens.

Referências

- AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.; NUSSIO L.G.; SANTOS, P.M.; CORSI, M. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p.32.
- ALBERTO, G.; PORTELLA, J.S.; OLIVEIRA, O.L.P. Effect of additional ground sorghum grain and wilting on elephant grass silage. **Grassland and Forage Abstract**, Oxford, v.65, n.2, p.45-52, 1993.
- ASHBELL, G. Conservation of citrus peel by ensiling for ruminant feed. In: SIMPÓSIO DE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 1992, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EMBRAPA, CPPSE, 1992. p.189-190.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; DA SILVA, S.C. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001a. p.890-911.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; CORSI, M. Dry matter losses in Tanzania grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) silage. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., São Pedro, 2001. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001b. p.789-790.
- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W.V.V.; ISEPON, I.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 108p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2003.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; MOREIRA, A.L.; SILVEIRA, R.N.; AMARAL, R.C. Dinâmica microbiológica e alteração química das silagens de capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) após abertura dos silos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.
- BOLSEN, K.K.; ASHBELL, G.; WILKINSON. Silage additives. In: CHESSON, A.; WALLACE, R.J. (Ed.). **Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding**. Weinheim: VCH Press, 1995. p.33-34.

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

CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; SIMAS, J.M.C.; HADDAD, C.M.; TOLEDO, P.; COELHO, R.M.; MARI, L.J. Parâmetros físico-químicos da silagem de Tifton 85 (*Cynodon* sp.) sob efeito de pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.270-272.

COELHO, E.M.; ÍTAVO, L.C.V.; MIGLIANO, L.C.B.; DIAS, A.M.; GOMES, R.C. Uso de aditivos absorventes para confecção de silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum cv. Napier). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

CORSI, M.; FARIA, V.P.; PULLICI, C.O.C. Efeito da adição de vários produtos e do emurchamento prévio sobre a elevação da matéria seca do capim Napier a ser ensilado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 8., 1971, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1971. p.52-54.

COSTA, N.L. Curva de crescimento e composição química de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Rondônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995. p.38-40.

DRIEHUIS, F.; OLDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. *Lactobacillus buchneri* improves aerobic stability of laboratory and farm scale whole crop maize silage but does not affect feed intake and milk production of dairy cows. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12., 1999 Uppsala **Proceedings....** Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1999b. p.264-265.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. O capim colônia. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.245-273.

FARIA, V.P. **Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) variedade Napier.** 1971. 78p. Tese (Doutorado em Agromonia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1971.

GREENHILL, W.L. Plant juice in relation to silage fermentation. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v.19, p.336-339, 1964.

GRIEVE, C.M.; OSBOURN, D.F. The nutritional value of some tropical grasses. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.65, n.3, p.411-417, 1965.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.54, p.208-218, 1999.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science Technology Journal**, cidade v.45, p.35-56, 1993.

HODGSON, J. **Grazing management: Science into practice**. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical, Longman, 1990. 203p.

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silo densities**. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.

HOVELAND, C.S., MONSON, W.G. Genetic and environmental effects on forage quality. In: HOVELAND, C.S. (Ed.). **Crop quality, storage and utilization**. Madison: ASAE; CSSA; SSSA, 1994. p.450-493.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JAAKKOLA, S.; KAUNISTO, V.; HUHTANEN, P. Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.61, p.282–292, 2006.

JANK, L. Melhoramento e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.21-58.

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, New York, v.60, p.73-81, 1995.

KEADY, T.W.; O’KIELY, P. An evaluation of the effects of rate of nitrogen fertilization of the grassland on silage fermentation, in silo losses, effluent production and stability. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.51, p.350-362, 1996.

KUNG JUNIOR, L. Aditivos microbianos e químicos para silagem - Efeitos na fermentação e resposta animal. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.53-73.

LAVEZZO, W. Ensilagem de capim elefante. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 10., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993, p.169-275.

LAVEZZO, W. Silagem de capim elefante. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, n,11, p.132, 1985.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; PEDROSO, A.F.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; JUNQUEIRA, M.C.; PACKER, I.U.; CAMPOS, F.P. Efeito de enzimas fibrolíticas e do teor de matéria seca em silagens de capim-Tanzânia sobre os parâmetros ruminais, o comportamento ingestivo e a digestão de nutrientes em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.3, p.736-745, 2005.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochts. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2nd ed. .Mallow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MONTEIRO, A.L.G. **Produção e distribuição de matéria seca, composição química e potencial para ensilagem de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 1996. 49p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1996.

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

MUCK, R.E. Conserved forage (silage and hay) – progress and priorities. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro, 2001. 1 CD-ROM.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NSEREKO, V.L.; ROOKE, J.A. Characterisation of peptides in silages made from perennial ryegrass with different silage additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, p.725-731, 2000.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F. *Lactobacillus buchneri* can improve the aerobic stability of silage via a novel fermentation pathway: the anaerobic degradation of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12., 1999 Uppsala. **Proceedings...** Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1999. p.266-267.

PAULY, T.M. **Heterogeneity and hygienic quality of grass silage**. 1999. 157p. Thesis (Doctoral) - Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 1999.

PAULY, T.M.; HANSSON, I.B.; THAM, W.A. The effect of mechanical forage treatments on the growth of *Clostridium tyrobutyricum* and *Listeria monocytogenes* in grass silage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.78, p.127-139, 1999.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEDREIRA, L.S. **Química Orgânica**. 1nd ed. Indústria Gráfica Siqueira, 1947. 616p.
 PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; JÚNIOR, W.B.; RODRIGUES, A.A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.P.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.C.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; HORII, J. Performance of Holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.4, p.649-654, 2006.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.17, p.264-268, 1966.

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effects of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.83, n.3, p.526-535, 2000.

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J.W.; MASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1996. cap.1, p.1-15.

SANTOS, P.M. **Estudo de algumas características agrônômicas de *Panicum maximum* (Jacq.) cvs. Tanzânia e Mombaça para estabelecer seu manejo**. 1997. 62p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SHARP, R.; HOOPER, P.G.; ARMSTRONG, D.G. The digestion of grass silages produced using inoculants of lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.49, n.1, p.42-53, 1994.

SILVEIRA, A.C.; FARIA, V.P.; TOSI, H. Efeito da maturidade sobre o valor nutritivo do capim Napier. **O Solo**, Piracicaba, v.65, n.2, p.35-41, 1973.

THOMAS, C.; THOMAS, P.C. Factors affecting the nutritive value of grass silages. In: COLE, D.J.; HARESING, W. (Ed.). **Recent advances in animal nutrition**. London: Butterworths, 1985. p.223-256.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p.65-108.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.73-108.

VILELA, D.; WILKINSON, J.M. Efeito do emurchecimento e da adição de uréia sobre a fermentação e digestibilidade "in vitro" do capim-elefante (*P. purpureum*, Schum.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.16, n.6, p.550-562, 1987.

WILKINS, R.J.; HUTCHINSON, K.J.; WILSON, R.F.; HARRIS, C.E. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.77, p.531-537, 1971.

WILKINSON, J.M. Valor alimentício de las forrageras ensiladas de clima tropical y templado. **Revista Mundial de Zootecnia**, Roma, n.46, p.35-40, 1983.

WILKINSON, J.M.; CHAPMAN, P.F.; WILKINS, R.J.; WILSON, R.F.; SMITH, J.A.; HAYS, V.W. Interrelationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 14., Lexington, 1981. **Proceedings...** Boulder: Westview Press, 1982. p.631-634.

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forages influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.173-208, 1997.

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

WOHLT, J.E. Use of a silage inoculant to improve feeding stability and intake of a corn silage-grain diet. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.72, p.545-551, 1989.

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

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

ZAMBOM, M.A.; SANTOS, G.T.; MODESTO, E.C.; ALCALDE, C.R.; GONÇALVES, G.D.; SILVA, D.C.; SILVA, C.T.; FAUSTINO, J.O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 4, p. 937-943, 2001.

ZIMMER, A.H.; CORREA, E.S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: IZ, 1993. p.1-25.

ZIMMER, A.H.; EUCLIDES V.P.B. Importância das pastagens para o futuro da pecuária de corte no Brasil. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS. 1., 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2000, p.1-50.

3 VALOR NUTRITIVO E PERFIL FERMENTATIVO DAS SILAGENS DE CAPIM MARANDU, CONFECCIONADAS SOB OS EFEITOS DO TEOR DE MATÉRIA SECA E INOCULAÇÃO BACTERIANA, NO VERÃO E INVERNO

Resumo

O estudo teve como objetivo avaliar a estação do ano, o teor de MS e a inoculação bacteriana sobre a composição químico-bromatológica e o perfil fermentativo das silagens de capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial (2 x 3 x 3); sendo duas estações do ano (verão e inverno), três teores de MS (sem ou com emurchecimento ou adição de PCP) e ausência ou presença de inoculante bacteriano (*Lactobacillus plantarum* ou *Lactobacillus buchneri*), perfazendo 18 tratamentos com quatro repetições cada, o que resultou em 72 silos experimentais. As silagens foram confeccionadas em baldes de plástico com 20 L de capacidade, dotados de tampas contendo válvula do tipo *Bunsen* para a liberação dos gases produzidos durante o processo fermentativo. Após 90 dias da estocagem, os silos foram abertos e submetidos às avaliações. O emurchecimento da forragem foi o tratamento mais efetivo em elevar os teores de MS, FDN e lignina, e reduzir os teores de CHOs das silagens de ambas estações. A mesma prática reduziu os teores de PB das silagens de inverno. Apesar de diferir quanto a estes parâmetros, as silagens emurchecidas não diferiram daquelas não emurchecidas quanto ao coeficiente de DVIVMS. A análise das silagens acrescidas de PCP constatou maior participação de CHOs e PB e menores teores de FDN e hemicelulose. Como resultado, a presença de PCP elevou os coeficientes de DVIVMS, em ambas estações. Os tratamentos destinados a elevar os teores de MS das silagens, no verão, foram efetivos em melhorar o perfil fermentativo, visto que estas silagens apresentaram menores teores de N-NH₃, C2 e C4. Os inoculantes não alteram os parâmetros referentes à fração fibrosa, exceto o teor de FDN das silagens acrescidas de PCP. Além disso, reduziu os teores de PB, o que resultou em menor coeficiente de DVIVMS no verão. Quanto à estação do ano, nas silagens confeccionadas no verão foram verificados os maiores teores de PB e os menores teores de constituintes da parede celular, com exceção da hemicelulose, o que resultou no maior coeficiente médio de DVIVMS dessas silagens (56,1%) quando comparadas àquelas confeccionadas no inverno (43,3%). Os resultados obtidos para as silagens de inverno foram opostos àqueles verificados pela literatura. Partindo destes resultados, as silagens de verão seriam elegíveis como volumoso suplementar, principalmente, quando na presença de PCP.

Palavras-chave: Ácido láctico; Emurchecimento; *Lactobacillus buchneri*; *Lactobacillus plantarum*; Nitrogênio amoniacal; Polpa cítrica

NUTRITIVE VALUE AND FERMENTATION PROFILE OF PALISADEGRASS SILAGES ENSILED WITH DIFFERENT DRY MATTER CONTENT AND WITH BACTERIAL INCOULANT, IN THE SUMMER AND WINTER SEASONS

Abstract

The objectives of this trial were to evaluate how year season, dry matter level and bacterial inoculation can affect chemical composition of Palisadegrass (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Palisadegrass). The experimental design was a factorial arrangement (2 x 3 x 3); two year seasons (Summer and Winter), three dry matter levels (with or without wilting or with citrus pulp) and the silage without inoculant or added with inoculant with one or two microorganism (*Lactobacillus plantarum* ou *Lactobacillus buchneri*), totalizing 18 treatments with four replications each, resulting in 72 experimental silos. Silages were made in 20L plastic buckets, provided with a *Bunsen* type valve to allow gases produced during the fermentative process, to escape. After 90-d of storage period, silage samples were submitted to chemical composition analysis and fermentative profile. Wilting was the most effective process to increase DM content, NDF and lignin and decrease WSC in both year seasons. Wilted silages showed smaller CP (in the Winter season) as compared to silages without wilting. However, this difference did not reduce IVTDMD. The addition of citrus pulp at the time of ensiling increased the WSC and CP content of silages and reduced the NDF and hemicellulose fractions. As a result, the use of this additive increased the IVTDMD of silages in both year seasons. For the silages harvested in summer, the wilting process and the use of pellet citrus pulp were effective in improving the fermentation process. These silages showed lower levels of ammonia-N, acetic acid and butyric acid. The microbial inoculants did not alter the fibrous fraction, except for the NDF content of the silages containing citrus pulp. Moreover, inoculants reduced the CP fraction, resulting in smaller IVTDMD in the Summer. Regarding to year season, Summer-silages had higher CP level and smaller levels of cell wall content, except hemicellulose, resulting in higher IVTDMD of this silages (56.1%), when compared to Winter-silages (43.0%). The results obtained for the Winter-silages were not in agreement with the literature. The over all analysis showed that forage harvested in the summer could be better option as a silage resource mainly when ensiled with citrus pulp.

Keyword: Ammonia-N; Citrus pulp; Lactic acid; *Lactobacillus buchneri*; *Lactobacillus plantarum*; Wilting

3.1 Introdução

O Brasil se destaca no cenário internacional por ser um dos países com maior potencial de produção, exploração e fornecimento de produtos de origem animal, o que é justificado por sua grande extensão em áreas de pastagens. Contudo, os resultados desta atividade poderiam ser mais expressivos, principalmente se a exploração pecuária atendesse algumas limitações impostas pela natureza, dentre elas, a sazonalidade da produção de volumosos.

A maior produção de forragem concentra-se no período chuvoso (70 a 85%), a qual apresenta bom valor nutritivo. Por este motivo, neste período é observado desempenho satisfatório dos animais. Situação contrária é propiciada pela época de estiagem, quando ocorre acentuada diminuição na capacidade de suporte das pastagens, provocando na maioria das vezes perda de peso do animal.

As condições climáticas que promovem maior crescimento das plantas influenciam sua composição química, o que pode propiciar acúmulo de material senescente e maior atividade metabólica, convertendo produtos da fotossíntese em tecidos estruturais, incrementando a parede celular (PC), aumentando os teores de FDN e FDA, reduzindo, desta forma, os teores de PB e os coeficientes de digestibilidade (MACHADO et al., 1998). Na tentativa de conciliar produtividade e valor nutritivo, a ensilagem vem sendo comumente empregada.

Como pré-requisitos, as espécies destinadas a este processo de conservação devem conciliar alta produtividade com bom valor nutritivo. Estas características podem ser observadas pela espécie *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu, desenvolvido pela EMBRAPA – CNPQC no ano de 1984.

A produção de biomassa desse cultivar, quando amostrado a cada 35 dias, nas quatro estações do ano, variaram entre 3,76 e 0,95 t MS/ha, no verão e inverno, respectivamente (GERDES et al., 2000a). Quanto à composição bromatológica, os autores encontraram na média das quatro estações: 15,3% de PB nas folhas e 9,1% nos colmos; 65,5% de DIVMS nas folhas e 60,6% nos colmos. Por apresentarem relação folha:colmo superior e por estenderem o seu período vegetativo durante o

inverno, as plantas do gênero *Brachiaria* passaram a despertar interesse no processo de conservação na forma de silagem.

Como representantes das gramíneas tropicais, a obtenção de uma boa silagem de capim Braquiaria, provavelmente, dependerá da aplicação de aditivos ou da adoção de práticas que assegurem processo fermentativo adequado. No momento ideal de corte, estas gramíneas apresentam baixos teores de CHOs, os quais têm seus valores reduzidos quando a forragem é submetida as práticas de conservação (VAN SOEST, 1994). Este fato, somado ao baixo teor de MS, caracteriza a necessidade de aditivo, que ao ser misturado a massa de forragem reduza a umidade e, se possível, acrescente substrato fermentescível. Dentre as fontes absorventes de umidade, destaque deve ser dado a PCP, que além da alta capacidade absorvente, apresenta alto valor nutritivo e grande disponibilidade no mercado nacional.

Ao ensilarem o capim Marandu com 60 dias de crescimento vegetativo e teor de MS de 24%, Bergamaschine et al. (2006) verificaram que a inclusão de 10% de PCP, ou o emurhecimento da forragem por quatro horas, se caracterizaram como tratamentos efetivos em elevar o teor de MS e reduzirem o valor de pH e proteólise das silagens. No entanto, estes tratamentos, não melhoram o valor nutritivo as silagens. Quanto ao desempenho animal, destaque foi dado à silagem emurhecida, a qual propiciou incremento na ingestão de MS e maior ganho de peso dos novilhos.

Jaster (1995) ressaltou que práticas de emurhecimento que reduzam a umidade das silagens para teores de 40 a 60%, limitam o crescimento de bactérias e a extensão da fermentação. Estas silagens têm como vantagens propiciarem maior ingestão de MS, reduzirem os odores indesejáveis da fermentação e facilitarem o armazenamento e arração mecânico dos animais. Como desvantagem, as silagens com baixo teor de umidade, com certa frequência, se tornam demasiadamente secas, o que dificulta os processos de colheita e armazenamento.

Bergamaschine et al. (2006) avaliaram um tratamento contendo inoculante bacteriano, o qual não afetou a composição da silagem de capim Marandu. Estes estimulantes de fermentação têm seu efeito restringido quando a disponibilidade de substrato é fator limitante. Ao examinarem alguns experimentos envolvendo inoculantes contendo bactérias ácido lácticas, em silagens de gramíneas tropicais, Sollenberg et al.

(2003) ressaltaram que a maioria das respostas positivas estavam associadas as forragens ensiladas com altos teores de CHOs. Portanto, resultados inconsistentes em gramíneas tropicais não seriam decorrentes da baixa população epífita de bactérias, mas sim deficiência de substratos fermentescíveis.

McDonald, Henderson e Heron (1991) destacaram a grande importância destas bactérias em converter açúcares simples em ácido lático, que resulta na queda rápida do pH e em menores perdas fermentativas. A eficiência da síntese de ácido lático a partir de glucose está intimamente relacionada ao grupo de microrganismos homofermentativos. Pelo fato da população epifítica de bactérias ser muito variável, muitas vezes há necessidade de se adicionar fonte extra de microrganismos.

Segundo Pitt (1990), a ineficiência de muitos inoculantes comerciais pode ser resultado da inclusão de espécies de bactérias ácido lácticas inapropriadas ou incapazes de competir efetivamente com a flora epifítica, quando são aplicadas em doses excessivamente baixas. Quando estes microrganismos são efetivos em produzir ácido lático, normalmente, as silagens produzidas são instáveis quando expostas ao ambiente, em decorrência da produção reduzida de componentes antifúngicos, como é o caso do ácido lático (RANJIT e KUNG Jr., 2000).

Nos últimos anos, a busca pela redução de perdas pós-abertura despertou o interesse da comunidade científica e das empresas produtoras de inoculantes em estudarem novas cepas de microrganismos. Como representante das bactérias heteroláticas, o *L. buchneri* apresenta ação antifúngica efetiva, não sendo menos eficiente na conservação de nutrientes, durante o processo fermentativo (RANJIT e KUNG Jr., 2000).

Portanto, na tentativa de produzir silagens de qualidade, inúmeras são as opções, as quais trazem consigo vantagens e desvantagens. Independente da escolha, qualquer erro cometido durante a confecção da silagem será acusado por seu baixo valor nutritivo. Este fato, normalmente se deve ao processo fermentativo prolongado, em que componentes do conteúdo celular são consumidos por microrganismos indesejáveis, restando menor quantidade de nutrientes para o consumidor final, no caso os animais.

Na tentativa de conciliar produção de massa satisfatória, sem que isto resulte em grandes perdas de valor nutritivo, o objetivo deste estudo foi avaliar como o emurchecimento, o uso de PCP e de inoculantes bacterianos podem afetar o valor nutritivo e o perfil fermentativo de silagens de capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu), confeccionadas no verão e inverno.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Material e Métodos

3.2.1.1 Local do experimento

As determinações de campo foram realizadas em área pertencente ao Departamento de Aviação Civil (DAC) do Estado de São Paulo, localizada nas coordenadas geográficas aproximadas de 22° 42' de latitude sul, 47° 38' de longitude oeste e altitude de 546 m. Este local estava sob concessão do Departamento de Zootecnia – Setor Ruminantes, USP/ESALQ, Piracicaba, SP. Todas as análises laboratoriais foram desenvolvidas no Laboratório de Bromatologia, pertencente ao Departamento de Zootecnia, da USP/ESALQ. As atividades realizadas na área experimental tiveram seu início em maio/2002 e término em fevereiro/2003.

3.2.1.2 Solo da área experimental

O solo da área experimental foi caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1999), cuja análise química média é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V
CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³	-----			mmol/dm ³	-----			%
5,7	19	16	1,2	23	19	0	18	43,2	61,2	71

(MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; V: saturação por bases)

3.2.1.3 Espécie vegetal

A espécie vegetal estudada foi o capim Marandu, comumente denominado de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.), sendo popularmente conhecida como braquiarião, brizantão, Marandu e brizantha (RENVOIZE; CLAYTON; KABUYE, 1996).

3.2.1.4 Estabelecimento da espécie

A forragem foi estabelecida em 18 de janeiro de 2001, em área de aproximadamente seis hectares, a qual anteriormente se destinava à produção de feno de capim de Rhodes (*Chloris gayana* Kunth. cv. Callide). O estabelecimento se deu sob a forma de plantio direto, com densidade de semeadura que garantisse pelo menos 8 kg/ha de sementes puras viáveis.

3.2.1.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, num arranjo fatorial 2 x 3 x 3. Os tratamentos corresponderam a combinações das formas de alteração das duas estação do ano; dos três teores de MS da forragem antes da ensilagem e da ausência ou presença de inoculantes bacterianos (*Lactobacillus plantarum* ou *Lactobacillus buchneri*), sendo identificado como:

Fator 1 – Estação do ano:

- Verão ou Inverno;

Fator 2 – Teor de MS:

- Não emurhecido ou Emurhecido ou Adição PCP;

Fator 3 – Inoculante Bacteriano:

- Ausente ou *L. plantarum* ou *L. buchneri*.

Sob esse arranjo foram gerados 18 tratamentos. Cada tratamento foi avaliado com quatro repetições, perfazendo 72 silos experimentais (unidades experimentais).

3.2.1.6 Correção e adubação do solo

A fim de proporcionar condições favoráveis para que a forragem atingisse seu potencial produtivo, com valor nutritivo satisfatório, foram realizadas correções nas propriedades químicas do solo, bem como o fornecimento de nutrientes. Para tanto, foram efetuadas aplicações de 2000 kg/ha de calcário dolomítico, nos dias 04/09/2001 e 24/09/2002.

Para reposição dos nutrientes recrutados com a extração da forragem colhida, foi realizada a aplicação de 200 kg/ha de nitrogênio em toda área experimental. O adubo utilizado foi o Ajifer II, apresentado na forma líquida, com garantia de 12% de matéria orgânica por tonelada do produto, sendo este fabricado pela Ajinomoto Interamericana[®]. Este procedimento foi realizado nos dias 15/02/2002 e 11/12/2002.

3.2.1.7 Corte de uniformização

Os cortes de uniformização das glebas experimentais foram realizados pela colhedora de forragem da marca Casale[®], modelo CF 2000 Super, regulada para cortar a massa de forragem a altura de 5 cm acima do nível do solo. Estes cortes aconteceram nos dias 07 de maio e 16 de dezembro de 2002, para confecção das silagens de inverno e verão, respectivamente.

3.2.1.8 Clima

Os dados climáticos referentes ao período experimental, e especificamente nos dias em que o capim Marandu foi submetido ao emurchecimento, foram coletados no posto meteorológico do Departamento de Ciências Exatas da USP/ESALQ, localizado aproximadamente a 1000 m da área experimental, e estão descritos nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Radiação solar global média mensal, insolação diária média mensal, precipitação total mensal e temperaturas médias mensais durante o período experimental

Mês/Ano	Radiação	Insolação	Precipitação	Temperatura		
	Global cal/cm ² /dia	Diária h/dia	Total mm	Min.	Média °C	Max.
Inverno						
Abril/2002	393,0	8,7	27,2	17,6	24,7	31,8
Maio/2002	298,0	6,1	112,4	14,5	20,7	26,8
Junho/2002	307,4	7,4	0,0	12,6	20,3	27,9
Julho/2002	267,0	6,0	23,4	10,2	17,7	25,2
Verão						
Dezembro/2002	460,7	6,0	166,1	19,7	25,4	31,2
Janeiro/2003	362,1	4,2	302,4	20,2	24,9	29,6
Fevereiro/2003	458,4	7,3	58,6	20,5	26,5	32,5

Fonte: ESALQ, Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Exatas, 2004.

Tabela 3 - Radiação solar global, insolação diária, precipitação total, umidade relativa, vento médio e temperatura média nos dias referentes à prática do emurchecimento

Data	Radiação	Insolação	Precipitação	Umidade	Vento	Temp.
	Global cal/cm ² /dia	Diária h/dia	Total mm	Relativa %	Médio km/h	Média °C
15/07/02	310,0	8,7	0,0	61,0	3,8	15,7
03/02/03	474,0	10,0	0,0	73,0	7,8	27,1

Fonte: ESALQ, Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Exatas, 2004

3.2.1.9 Colheita e picagem da forragem

Para o corte da forragem, a colhedora da marca Casale[®], modelo CF 2000 Super teve seu conjunto de facas afiado e o conjunto de contra-facas aproximado para obtenção de um menor tamanho médio de partículas. O procedimento adotado foi semelhante ao realizado no corte de uniformização (item 3.2.1.7).

As ensilagens ocorreram nos dias 15 e 16 de julho de 2002 (silagem de inverno) e nos dias 03 e 04 de fevereiro de 2003 (silagem de verão). No momento da colheita, a forragem apresentava idades de rebrotação de 70 dias no inverno e 49 dias no verão. A colheita mais tardia, no inverno, foi justificada pelo baixo acúmulo de forragem observado neste período, bem como se propôs reproduzir situação comumente observada pela maioria dos produtores, que prorrogam o momento da colheita visando o maior acúmulo de forragem.

3.2.1.10 Forragem destinada à confecção das silagens

A forragem picada contida no vagão forrageiro foi depositada sobre uma lona plástica. Após ter sido submetida aos seus respectivos tratamentos, a mesma foi homogeneizada, amostrada para determinação da composição químico-bromatológica (Tabela 4) e, finalmente, acondicionada nos silos experimentais.

Tabela 4 – Composição químico-bromatológica e digestibilidade das forragens de cada tratamento no momento da ensilagem

	MS	CZ	PB	FDN	FDA	HEMI	CEL	LIG	DVIVMO	DVIVMS
Tratamentos	%	% MS							%	
Inverno										
Controle (não emurchecido)	57,9	6,4	4,5	75,7	49,8	25,9	42,1	7,7	42,7	44,1
Controle + <i>L. buchneri</i>	58,5	7,6	4,8	73,4	49,6	23,8	42,1	7,5	42,6	43,6
Controle + <i>L. plantarum</i>	56,5	6,1	4,7	74,1	50,8	23,3	43,4	7,4	43,4	44,9
Emurchecida	87,0	4,8	4,2	78,0	41,2	36,8	33,6	7,7	39,4	41,2
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	91,4	5,1	4,2	76,8	39,4	37,4	32,0	7,4	42,1	43,8
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	86,0	4,8	4,0	77,7	40,8	36,9	32,7	8,1	39,0	40,7
Polpa Cítrica	51,8	6,7	5,1	71,8	49,4	22,3	41,6	7,9	44,8	45,9
Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	53,5	7,2	5,4	66,3	48,3	18,0	41,0	7,3	48,6	49,7
Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	60,4	6,8	5,4	56,9	43,5	13,4	36,8	6,7	58,0	58,3
Verão										
Controle (Não emurchecida)	22,8	6,9	9,4	68,4	42,1	26,3	38,1	4,0	58,7	60,6
Controle + <i>L. buchneri</i>	21,6	7,3	8,4	69,7	41,7	28,0	37,9	3,8	56,9	59,2
Controle + <i>L. plantarum</i>	21,4	7,5	8,7	69,6	42,7	26,9	38,8	3,9	56,9	59,0
Emurchecida	37,8	7,3	8,6	70,5	32,9	37,6	29,0	3,9	55,1	57,4
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	42,6	7,7	8,4	69,5	36,9	32,6	32,8	4,1	54,3	56,5
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	39,8	6,8	8,4	69,6	43,1	26,5	39,3	3,8	56,1	58,0
Polpa Cítrica	25,6	7,1	9,0	62,5	37,7	24,7	34,5	3,3	62,1	63,8
Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	28,4	7,6	8,7	55,0	35,1	19,9	31,7	3,4	66,6	68,2
Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	28,4	7,3	8,5	54,8	36,4	18,4	32,4	3,3	64,5	66,2

CZ = cinzas; CEL = Celulose; HEMI = Hemicelulose; LIG = Lignina

3.2.1.11 Silos experimentais

As silagens foram confeccionadas em silos experimentais, constituídos de baldes plásticos com 20 L de capacidade, providos de tampas apropriadas, o que garantiu a vedação necessária. No fundo dos baldes foram colocados 2 kg de areia seca para drenagem do efluente produzido, bem como uma tela fina de plástico e um pano de algodão para evitar o contato da forragem com a areia.

Na tampa do silo experimental foi adaptada uma válvula do tipo *Bunsen* para o escape dos gases produzidos. Este mecanismo permitiu que a mensuração das perdas, decorrentes do processo fermentativo, fosse determinada gravimetricamente.

3.2.1.12 Preparo das silagens

A silagem não emurchecida compreendeu a forragem colhida pelo corte direto, com seu teor de umidade original. Esta massa de forragem também foi empregada na confecção dos tratamentos que receberam a adição de PCP. A adição de 7,5 % de PCP em base da forragem úmida, no inverno e verão, visou contribuição semelhante deste aditivo, como fonte absorvente de umidade e fornecedora de nutriente.

Para o emurchecimento da forragem, a janela de manutenção traseira da colhedora de forragem da marca Casale[®], modelo CF 2000 Super permaneceu aberta. Com este procedimento, a forragem captada pelo conjunto de facas móveis do rotor foi lançada no campo, onde permaneceu exposta ao ambiente para fins de desidratação.

Para evitar o incremento das perdas de nutrientes decorrentes dessa prática, o recolhimento da forragem ocorreu no mesmo dia, após ter permanecido exposta no campo por aproximadamente cinco horas. A forragem desidratada foi então recolhida pelo mesmo equipamento, sendo submetida à picagem final pelas facas do rotor. O teor de MS desse tratamento se deve ao tempo de exposição imposto à forragem.

Independentemente do teor de MS da forragem no momento da ensilagem, 12 tratamentos foram contemplados com os inoculantes bacterianos (*L. plantarum* ou *L. buchneri*). O inoculante contendo cepas de bactérias homoláticas empregado foi o ECOSIL[®] Silage Inoculant, da empresa ECOSYL Products Limited (número de registro

na Inglaterra: 3155665), caracterizado como uma cepa de *Lactobacillus plantarum*, comercializado na forma de pó, com garantia de 20 bilhões de UFC viável/g de produto. A fonte de bactérias heteroláticas utilizada foi o inoculante contendo cepas de *Lactobacillus buchneri* (cepa NCIMB 40788), fornecido pela Biotál® (Cardiff, UK), também apresentado na forma de pó, com garantia de 4,95 bilhões de UFC viáveis/g de produto.

As doses e a forma de aplicação seguiram as recomendações técnicas dos fabricantes, tendo sido adicionado $1,0 \times 10^5$ e $3,6 \times 10^5$ UFC viáveis/g de forragem úmida, de *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente. Imediatamente após a diluição do inoculante em água deionizada, a solução foi aspergida sobre a massa de forragem, utilizando-se pulverizador manual de 500 mL.

Para evitar a contaminação entre os tratamentos, o que comprometeria os resultados, adotou-se rigoroso controle sobre os equipamentos, as ferramentas e os indivíduos envolvidos nesta operação.

3.2.1.13 Coleta das amostras na abertura dos silos

Decorridos 90 dias do fechamento, os silos experimentais foram abertos e uma camada de silagem de aproximadamente 15 cm foi desprezada, evitando que a área contaminada por fungos e leveduras fosse amostrada.

No centro geométrico dos baldes, amostras de silagem foram coletadas para realização das análises obtidas a partir do extrato aquoso (CHOs, N-NH₃, C2, C3, C4 e Ácido Lático), bem como da composição químico-bromatológica (MS, cinzas, CHOs, FDN, FDA, celulose, hemicelulose, lignina, DVIVMO e DVIVMS). Imediatamente após ser obtida, a amostra designada à determinação do extrato aquoso foi acondicionada em sacos de plástico e estocada em congelador (-5 °C).

3.2.1.14 Obtenção e análise do extrato aquoso

O extrato aquoso foi preparado segundo metodologia de Kung Jr. et al. (1984). Um amostra de 25 g de forragem úmida e 225 mL de água deionizada foram adicionadas e processadas durante um minuto no liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymen[®] e, na sequência, a solução foi filtrada em papel de filtro Whatman[®] 54. O filtrado foi então acidificado com três gotas de ácido sulfúrico (50%) e centrifugado durante 15 minutos a 10.000 rpm. Após a pipetagem, o extrato foi transferido para tubos do tipo Eppendorf e armazenados em congelador mantido a -20 °C.

O extrato aquoso foi ponto de partida para determinação do CHOs das forragens e silagens. A metodologia utilizada foi a descrita por Dubois et al. (1956), a qual se inicia com o preparo de uma solução de fenol (5%) e uma solução padrão de sacarose. Em tubo de ensaio contendo extratos aquosos das silagens ou das soluções padrões de sacarose foi adicionada a solução de fenol. Após homogeneizadas, as soluções descritas acima foram acidificadas com ácido sulfúrico 98%, sendo em seguida conduzidas ao banho-maria, onde permaneceram por 20 minutos.

Passado este período, uma alíquota das soluções foi transferida para placas de microtúbulo e encaminhada para leitura de absorbância em Colorímetro – Elisa Reader, calibrado para comprimento de onda de 490 nm. O equipamento expressa a concentração média de CHOs em µg/mL. Porém, a partir da composição do extrato, esta variável por meio de cálculos passou a ser expressa em percentual da MS.

O ácido láctico foi determinado segundo metodologia adaptada de Pryce (1969). A leitura de absorbância foi realizada pelo espectrofotômetro, modelo 6405 UV/Vis., da marca Jenway[®], calibrado para comprimento de onda de 565 nm. O mesmo equipamento foi utilizado na determinação do N-NH₃ das silagens, porém a leitura foi realizada em comprimento de onda de 550 nm (CHANEY e MARBACH, 1962).

Para análise dos ácidos graxos voláteis (C2, C3 e C4), 800 µL do extrato aquoso da silagem, juntamente com 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno foram transferidos para um frasco de vidro. A leitura foi realizada em cromatógrafo líquido

gasoso, CLG (Hewlett Packard® 5890, series II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396, série II (Hewlett Packard Company®).

No carrossel do cromatógrafo foi colocado um frasco contendo solução padrão para cada dez amostras. Portanto, as leituras dos ácidos graxos voláteis foram corrigidas para seus respectivos padrões. Esta determinação seguiu metodologia descrita por Palmquist e Conrad (1971).

3.2.1.15 Análise químico-bromatológica

3.2.1.15.1 Determinação do teor de matéria seca

Amostras de forragem e silagem foram coletadas, pesadas, acondicionadas em sacos de papel e encaminhadas para a secagem em estufa de circulação forçada de ar (55 °C), onde permaneceram por 72 horas até atingirem peso constante (SILVA, 1981). Após nova pesagem, o teor de MS das amostras foi determinado e estas foram submetidas à moagem em moinho tipo Willey, provido de peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro, para as determinações das análises químico-bromatológicas.

Para remoção da água residual, não eliminada a 55 °C, foi realizada a MS laboratorial (AOAC, 1990). Um grama de amostra moída foi acondicionado e encaminhado para estufa, onde permaneceu por 24 horas a temperatura de 105 °C. O novo peso da amostra possibilitou o cálculo do teor de MS laboratorial.

3.2.1.15.2 Determinação do teor de cinzas

Esta determinação seguiu o método descrito pela Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 1990). A amostra seca e moída a 1 mm foi acondicionada em cadinhos de porcelana e encaminhada para mufla, onde permaneceu por 3 horas à temperatura de 550 °C. O teor de cinzas foi obtido pela representação percentual do resíduo presente no cadinho após a queima.

3.2.1.15.3 Determinação do teor de proteína bruta

O teor de proteína bruta foi obtido pela combustão das amostras segundo método de Dumas. O equipamento utilizado para esta determinação foi o auto-analisador de nitrogênio, da marca LECO®, modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). As amostras foram submetidas à câmara de combustão do equipamento, que associado a um software de computador calculou o teor de PB presente em cada uma das amostras.

3.2.1.15.4 Determinação dos teores de FDN, FDA, lignina, DVIVMO e DVIVMS

Os teores de FDN foram obtidos pelo método seqüencial proposto pela ANKOM® Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY) e descrito por Holden (1999), sendo que para esta determinação foi utilizado sulfito de sódio. Os teores de FDA e lignina foram calculados segundo método de Van soest (1994). A fração hemicelulose foi calculada pela diferença observada entre os teores de FDN e FDA.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica e da matéria seca foram determinados conforme protocolo proposto pela ANKOM® Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY) e descrito por Holden (1999).

3.2.1.16 Análise estatística dos dados

Os dados referentes às análises químico-bromatológicas foram analisados pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS®, versão 8.02 para Windows® (SAS, 2001), por se tratar de um delineamento experimental inteiramente casualizado, disposto em um arranjo fatorial 2 x 3 x 3.

A discussão dos resultados foi realizada com base na interação tripla (desde que houvesse significância dos efeitos isolados). Na ausência desta, a discussão foi pautada nas interações duplas, que quando ausentes, cedeu lugar aos efeitos isolados.

Antecedendo o desdobramento das interações, foi utilizado o recurso SLICED do programa SAS, para verificar a existência ou não de significância entre os efeitos e interações duplas.

Para efeito de comparação de médias entre tratamentos foi utilizado o teste de média dos mínimos quadrados (LS MEANS), com nível de significância de 5%.

3.2.2 Resultados e Discussão

Em decorrência do grande número de tratamentos avaliados pelo presente experimento, as variáveis estudadas foram representadas de forma resumida na Tabela 5. Porém, quando necessário, tabelas referentes às variáveis isoladas foram confeccionadas para facilitar a compreensão e discussão dos resultados.

A decisão de submeter o capim Marandu a tratamentos semelhantes em diferentes estações do ano, teve como propósito ressaltar os efeitos de se protelar o momento do corte e as conseqüências sobre o valor nutritivo da forragem colhida no inverno.

Apesar da estação do ano ter se caracterizado como o principal fator responsável pelas variações do valor nutritivo das silagens, faz-se necessário ressaltar o efeito exercido pela idade de colheita dessa forragem, o qual incorporou nos resultados seu efeito. Portanto, fica evidenciada a impossibilidade de se credenciar a estação do ano, todos os efeitos cabíveis a ela. Entretanto, não fosse esta a posição adotada, o manejo que se observa na prática não seria reproduzido, fato desejado para que a conservação da forragem excedente fosse analisada de maneira mais criteriosa.

Tabela 5 – Estatística descritiva das variáveis referentes ao valor nutritivo das silagens

Variáveis ¹	Valor	CV	Valores		Efeitos ²			Interações			
	Médio	(%)	Mínimo	Máximo	Um	Ino	Est	Um x Ino	Um x Est	Inox Est	Um x Inox Est
MS, %	46,5	3,8	20,4	85,4	*	ns	*	ns	*	**	ns
Cinzas, % MS	7,4	5,2	5,7	8,2	*	ns	*	*	*	**	ns
PB, % MS	6,4	3,1	3,9	8,7	*	ns	*	**	*	*	**
FDN, % MS	69,9	2,2	57,9	81,2	*	ns	*	**	*	*	*
FDA, % MS	43,3	10,7	32,0	51,2	**	ns	*	ns	ns	ns	ns
HEMI, % MS	26,6	17,4	18,8	31,2	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Celulose, % MS	38,1	8,2	30,6	43,3	**	ns	*	ns	ns	ns	ns
Lignina, % MS	6,0	6,5	3,8	8,5	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
DVIVMO, % MO	48,2	4,2	39,4	60,4	*	ns	*	ns	ns	*	ns
DVIVMS, % MS	49,7	3,8	40,3	62,1	*	ns	*	ns	ns	*	ns
CHOs, % MS	1,39	54,8	0,18	3,98	*	**	ns	ns	*	ns	ns
N-NH ₃ , % MS	0,15	30,9	0,01	0,42	*	ns	*	ns	*	ns	ns
N-NH ₃ , % NT	1,17	4,6	0,63	1,66	*	ns	*	ns	*	*	ns
Lático, % MS	0,97	63,5	0,00	3,19	*	*	ns	*	**	ns	ns
C2, % MS	3,72	15,0	1,06	7,82	*	ns	*	ns	*	ns	ns
C3, % MS	0,28	27,7	0,01	0,85	*	*	*	*	*	*	*
C4, % MS	1,70	26,0	0,00	5,43	*	ns	*	ns	*	**	ns

¹ HEMI - Hemicelulose; NT – Nitrogênio Total; CHOs – Carboidratos Solúveis, C2 – Ácido Acético; C3 – Ácido Propiônico; C4 – Ácido Butírico.

² Teores de Umidade (Não emurchecimento ou Emurchecimento ou Adição PCP); Inoculantes (Ausente ou *L. plantarum* ou *L. buchneri*); Estações do Ano (Verão ou Inverno)

* (p<0,01); ** (p<0,05); ns – não significativo.

3.2.2.1 Teores de matéria seca e cinzas

Os resultados relativos ao teor médio de MS das silagens estão descritos nas Tabelas 6 e 7. Os teores de MS variaram de 20,4% (silagem não emurchecida, inoculada com *L. buchneri*, no verão) a 85,4% (silagem emurchecida, inoculada com *L. buchneri*, no inverno).

Tabela 6 – Teores de matéria seca e cinzas das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem		MS		Cinzas
		%		% MS
Verão				
Não Emurchecida	20,7 ^{cB}	(0,5)	7,8 ^A	(0,1)
Emurchecida	40,7 ^{aB}	(0,5)	7,8 ^A	(0,1)
Com Polpa Cítrica	24,5 ^{bB}	(0,5)	7,8 ^A	(0,1)
Média	28,6	(0,3)	7,8	(0,1)
Inverno				
Não Emurchecida	56,0 ^{bA}	(0,5)	7,8 ^{aA}	(0,1)
Emurchecida	84,7 ^{aA}	(0,5)	5,9 ^{cB}	(0,1)
Polpa Cítrica	52,3 ^{cA}	(0,5)	7,4 ^{bB}	(0,1)
Média	64,3	(0,3)	7,0	(0,1)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Para o efeito teor de umidade, o emurchecimento da forragem durante aproximadamente cinco horas se destacou como a forma mais eficiente em elevar o teor de MS das silagens. Ao serem comparadas com as silagens não emurchecidas, aquelas submetidas ao emurchecimento tiveram seus teores de MS acrescidos em 97% no verão e 51% no inverno.

A elevada perda de umidade foi favorecida pelas características climáticas nos dias referentes a prática do emurchecimento (elevada radiação solar, baixa umidade

relativa do ar e vento forte). Provavelmente, tal fato foi vinculado a menor resistência física da parede celular (principalmente do colmo) do capim Marandu, o que pode ter contribuído com maior perda de água durante sua exposição após o corte.

Resultados semelhantes foram verificados por Bergamaschine et al. (2006) ao submeterem a mesma espécie forrageira a quatro horas de exposição ao sol intenso. Os autores verificaram que esta prática se destacou como o tratamento mais efetivo em elevar o teor médio de MS das silagens (de 24 para 48%), embora não tenha diferido da silagem controle quanto ao valor nutritivo.

Igarasi (2002) constatou elevação do teor de MS menos expressiva (de 29,7% para 37,7%), quando o capim Tanzânia permaneceu seis horas exposto ao sol. Mesmo a forragem apresentando teor de MS mais alto no momento do corte, as características climáticas (inverno, dia ensolarado e com baixa umidade relativa) contribuíram para o incremento desta variável.

A adição de 7,5% de PCP, em base da forragem úmida, propiciou incremento do teor de MS das silagens de verão. Em contrapartida, isto não foi observado no inverno, visto que o teor de MS das silagens com PCP foi 3,7 unidades percentuais inferior à sua respectiva silagem controle. Esse fato não era esperado, uma vez que o teor de MS da PCP descrito na literatura é em média de 88,0%. Desse modo, a adição desta fonte absorvente de umidade deveria ter contribuído com a elevação desta variável independente da estação do ano. Embora, os sítios de amostragem da forragem fossem homogêneos, pode ter havido diferença nos teores de MS da forragem que originou tais tratamentos, o que justificaria estes resultados.

O desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano mostrou que as silagens de inverno apresentaram teor médio de MS (64,3%) muito superior aquele observado nas silagens confeccionadas no verão (28,6%). A diferença de 124% no valor médio observado sugere haver participação de outros efeitos influenciando este resultado como, por exemplo, a idade de colheita da forragem.

O fato da forragem ter sido colhida em estágio de crescimento mais avançado no inverno (70 dias de rebrotação) teria favorecido o aumento do teor de MS. Ao ensilarem os capins Tanzânia e Mombaça, Coan et al. (2001) também verificaram alteração do

teor médio de MS (de 25,5% para 28,0%), ao aumentar o intervalo de cortes de 45 para 60 dias, respectivamente.

Porém, não seria coerente justificar o elevado teor de MS das silagem de inverno, somente pela estação do ano e idade de rebrotação. As condições de déficit hídrico no solo e na forragem, típicos do período de inverno e que foram constatadas pelo regime pluviométrico neste experimento (Tabela 2), poderiam também auxiliar nesta explicação.

Possivelmente, as condições climáticas ocorridas durante o crescimento no inverno, acompanhadas de estresse hídrico, determinaram a elevação do conteúdo de colmo (não avaliado), que ao senescer poderia perder umidade mais intensamente que suas folhas, resultando em alto teor de MS. Situação semelhante foi observada por Pedreira et al. (2001) ao ensilar o capim Tifton 85 com diferentes teores de MS e quantidades de PCP.

Dentre as características morfológicas apresentadas pelo capim Marandu, se faz necessário destacar a considerável presença de material morto na região basal da planta. Embora a composição morfológica não tenha sido algo do estudo, foi observado o recolhimento de material senescente, juntamente à forragem destinada à ensilagem.

Ao realizar este estudo morfológico, com a mesma espécie forrageira, na mesma área experimental, Mari (2003) verificou participação de material morto muito superior na estação de inverno (20,3%) quando comparada ao verão (6,4%). Portanto, a menor produção de biomassa no inverno, provavelmente, resultou em maior participação de material senescente, teria contribuído para o incremento do teor de MS das silagens.

Os inoculantes bacterianos não propiciaram alteração do teor de MS das silagens confeccionadas no inverno (Tabela 7). Contudo, no verão, a silagem inoculada com *L. plantarum* (27,8% MS) apresentou teor de MS inferior à silagem não inoculada (29,7% MS), enquanto aquela inoculada com *L. buchneri* (28,4% MS) não diferiu das anteriores.

A diferença de 1,9% no teor de MS, entre as silagens não inoculadas e inoculadas com *L. plantarum*, não se traduziu em diferença do ponto de vista biológico para o processo fermentativo das silagens e, provavelmente, foi decorrente das perdas

diferenciadas de umidade da forragem, as quais ocorreram desde o momento da colheita, se estendendo até o término da ensilagem.

Tabela 7 – Teores de matéria seca e cinzas das silagens submetidas aos efeitos dos inoculantes e das estações do ano

Silagem		MS		Cinzas
		%		% MS
Verão				
Não inoculada	29,7 ^{aB}	(0,5)	7,8 ^A	(0,1)
<i>L. buchneri</i>	28,4 ^{abB}	(0,5)	7,7 ^A	(0,1)
<i>L. plantarum</i>	27,8 ^{bB}	(0,5)	7,8 ^A	(0,1)
Média	28,6	(0,3)	7,8	(0,1)
Inverno				
Não inoculada	63,8 ^A	(0,5)	7,2 ^{aB}	(0,1)
<i>L. buchneri</i>	64,9 ^A	(0,5)	7,2 ^{aB}	(0,1)
<i>L. plantarum</i>	64,3 ^A	(0,5)	6,7 ^{bB}	(0,1)
Média	64,3	(0,3)	7,0	(0,1)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Os resultados relativos ao teor médio de cinzas das silagens estão apresentados nas Tabelas 6 e 7. A amplitude de variação para os teores de cinzas foi representada pela silagem emurcheda, inoculada com *L. plantarum* (5,7%) e por aquela não emurcheda, inoculada com *L. buchneri* (8,2%), ambas confeccionadas no inverno.

O teor médio de cinzas apresentado pelas silagens em ambas estações foi de 7,4%, tendo sido superior ao da forragem que as deu origem (6,7%). Este fato foi acompanhado da redução dos teores de MS das silagens. Um comparativo entre as silagens e a forragem, constatou nas silagens redução do teor de MS e aumento do teor de cinzas de 1,9% e 0,7%, respectivamente (Tabelas 4 e 6).

O incremento do teor de cinzas das silagens é provavelmente explicado pela combinação das perdas de matéria orgânica por fermentação e oxidação, e com menor

importância, pela perda de minerais por meio do efluente produzido (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Os teores de cinzas das silagens de verão, submetidas ao emurchecimento ou à adição de PCP (Tabela 6), foram superiores aos das silagens de inverno com os mesmos tratamentos. Dentro da mesma estação, as silagens de verão emurchecidas ou acrescidas de PCP, não diferiram da silagem não emurchecida quanto aos teores de cinzas (7,8%). Contudo, no inverno, os tratamentos empregados para elevar os teores de MS determinaram redução dos teores de cinzas, resultado não esperado para o emurchecimento.

No que se refere à adição de PCP, este resultado concorda com os obtidos por Crestana et al. (2001), visto que o teor de cinzas da forragem é superior ao presente na PCP. Entretanto, discorda desses autores no que diz respeito ao emurchecimento, os quais observaram que tal prática poderia propiciar aumento da respiração de carboidratos durante o processo, o que se traduziu em incremento da concentração mineral, nas silagens emurchecidas.

Além disso, estas silagens tendem a apresentar maiores teores de cinzas, como resultado da contaminação por solo, em decorrência das operações mecanizadas envolvidas no processo. O emurchecimento não foi efetivo em aumentar os teores de cinzas no presente experimento, pois a forragem apresentou alto teor de MS no momento da ensilagem, o que pode ter resultado em menor efeito de diluição.

Apesar dos inoculantes bacterianos terem exercido efeito sobre os teores de cinzas, o resultado foi inexpressivo. O desdobramento da interação inoculante x teor de umidade constatou diferença somente no inverno. A presença de *L. plantarum* reduziu o teor de cinzas. Pelo fato desta cepa de microrganismos não ter exercido efeito em variáveis que pudessem justificar alteração no teor de cinzas, não há explicação plausível para este acontecimento.

3.2.2.2 Teores de proteína bruta e nitrogênio amoniacal

Os resultados referentes ao teor médio de PB das silagens estão descritos na Tabela 8. O menor teor de PB foi verificado na silagem de inverno, emurchecida e

inoculada com *L. plantarum* (3,9%), enquanto, a silagem com PCP, não inoculada no verão apresentou o maior teor (8,7%).

Tabela 8 - Teores de proteína bruta (%) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	Estação do ano			
	Verão		Inverno	
Controle (Não emurhecida)	7,7 ^{eA}	(0,1)	4,5 ^{dB}	(0,1)
Controle + <i>L. Buchneri</i>	7,9 ^{cdeA}	(0,1)	4,7 ^{cdB}	(0,1)
Controle + <i>L. plantarum</i>	8,0 ^{cdeA}	(0,1)	4,6 ^{dB}	(0,1)
Emurhecida	8,2 ^{bA}	(0,1)	3,9 ^{eB}	(0,1)
Emurhecida + <i>L. buchneri</i>	8,1 ^{bcdA}	(0,1)	3,9 ^{eB}	(0,1)
Emurhecida + <i>L. plantarum</i>	7,8 ^{eA}	(0,1)	3,9 ^{eB}	(0,1)
Com Polpa Cítrica	8,7 ^{aA}	(0,1)	5,0 ^{bcB}	(0,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	8,1 ^{bcA}	(0,1)	5,3 ^{abB}	(0,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	8,2 ^{bA}	(0,1)	5,4 ^{aB}	(0,1)
Média	8,1	(0,1)	4,6	(0,1)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

O teor médio de PB encontrado nas silagens confeccionadas no verão e inverno foi de 8,1 e 4,6%, respectivamente. Euclides (1995) também verificou maiores teores de PB, nas folhas e colmos dos capins Marandu e Tanzânia, no período das águas (8,6%) quando comparado com o período seco. Embora, os resultados do presente experimento tenham seguido a mesma tendência observada por esta autora, estes não foram condizentes com a expectativa, que era de maiores teores de PB nas silagens de inverno. Ao avaliar o valor nutritivo de três gramíneas forrageiras colhidas com 35 dias de idade de rebrotação, Gerdes et al. (2000b), verificaram maiores teores de PB nas plantas colhidas no inverno.

Situação oposta foi observada no presente experimento, na forragem colhida no inverno, o que seria explicado por suas características morfológicas. Por ter sido colhida mais tardiamente, o avanço da maturidade pode ter contribuído para redução da

participação de folhas, com conseqüente queda no teor de PB e outros componentes potencialmente digestíveis.

As silagens de inverno não emurchecidas ou contendo PCP apresentaram teores de MS muito elevados. Com a prática do emurchecimento, este teor que estava próximo de 55%, se mostrou superior a 80%. Estes altos teores de MS propiciaram processo de compactação ineficiente, o que foi comprovado no capítulo 4, pelos baixos valores de densidade (item 4.2.2.5). Como conseqüência, pode ter havido ação indesejável de microrganismos que crescem como células únicas (leveduras) ou colônias filamentosas multicelulares (mofos) secretoras de enzimas extracelulares. Dentre elas, destaque deve ser dado às proteases, que degradam moléculas orgânicas complexas a monômeros simples, o que pode ter contribuído para a redução dos teores de PB das silagens.

Valores de PB abaixo de 4,0%, como foi observado nas silagens emurchecidas de inverno, seriam melhor explicados se na composição desta silagem tivesse a participação de material senescente. Como ressaltado anteriormente, esta participação foi observada de forma subjetiva, pois não houve quantificação morfológica.

No momento da colheita, após o período de exposição da forragem ao sol, a colhedora teve seu conjunto de facas rebaixado, para que as perdas por recolhimento fossem reduzidas. Este fato contribuiu com o incremento de material senescente e, por conseqüência, redução da fração nitrogenada.

O desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano permitiu inferir que a mesma prática no verão, propiciou teores médios de PB superiores aos verificados nas silagens não emurchecidas. A elevação do teor médio de MS das silagens emurchecidas para 40,7% determinou fermentação favorável, por restringir sua extensão e aumentar a pressão osmótica.

Em adição, pode ter havido menor incidência de fermentações secundárias, comumente observadas em decorrência da proteólise oriunda da atividade das enzimas da planta ou daquela produzida pelas bactérias do gênero *Clostridium*, que degradam aminoácidos até aminas e amônia (WOOLFORD, 1984).

Quanto à exposição da planta ao emurchecimento, McDonald, Henderson e Heron (1991) verificaram não haver proteólise quando o tempo de emurchecimento é

reduzido, uma vez que as proteases necessitariam de meio redutor para serem ativadas.

Os tratamentos contemplados com a adição de PCP se caracterizaram como os mais efetivos em preservar o teor de PB, em ambas estações. Todavia, o modo de ação deste aditivo deve ser justificado de maneira distinta. No inverno, sua presença elevou o teor médio de PB das silagens para 5,2%, simplesmente por concentrar o teor de PB da forragem.

No verão, a maior porcentagem de N Total poderia ser explicada pela redução da atividade das enzimas proteolíticas, em decorrência do rápido decréscimo do pH, promovido pelo maior teor de MS e maiores teores de CHOs, o que teria propiciado maior aporte de substrato para os microrganismos desejáveis. Os maiores teores de ácido lático das silagens acrescidas de PCP, observados no presente experimento, corroboram com esta hipótese. Estes resultados concordam com os encontrados por Aguiar et al. (2001), visto que a adição de PCP ao capim Tanzânia, no momento da ensilagem, resultou em maior preservação do teor de PB.

O desdobramento da interação teor de umidade x inoculante constatou que a inoculação bacteriana se mostrou efetiva em preservar a fração nitrogenada, somente na silagem de inverno acrescida de PCP e inoculada com cepas de *L. plantarum*. O mesmo inoculante reduziu os teores de PB quando foi adicionado nas silagens de verão emurhecidas. No primeiro caso, o fato poderia sugerir uma maior produção de ácido lático (3,09% MS) acompanhado de declínio mais rápido do pH, em função da melhor fermentação exercida por esses microrganismos, o que possivelmente promoveria menor concentração de amônia devido à menor proteólise.

Contudo, a diferença estatística observada, decorrente da inoculação, sobre os teores de PB em alguns tratamentos, dentro do efeito teor de umidade das silagens, pode vir a ser desconsiderada no momento do balanceamento da ração. Esta constatação associada aos resultados dos demais tratamentos, quando não houve efeito dos inoculantes, caracterizou o comportamento inconsistente destes aditivos em preservar a fração nitrogenada.

Para melhor compreensão dos efeitos do processo fermentativo sobre esta fração, se faz necessário analisar os teores de N-NH_3 , cujos valores estão descritos na Tabela 9.

Tabela 9 – Teor de nitrogênio amoniacal (% N Total) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	Estação do Ano			
	Verão		Inverno	
Não Emurchecida	23,5 ^{aA}	(0,8)	10,1 ^{aB}	(0,8)
Emurchecida	8,2 ^{cA}	(0,8)	1,7 ^{bB}	(0,8)
Com Polpa Cítrica	14,4 ^{bA}	(0,8)	9,6 ^{aB}	(0,8)
Média	15,4	(0,4)	7,1	(0,4)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Os baixos teores de PB das silagens de inverno justificam os menores teores de N-NH_3 . A maior pressão osmótica, decorrente do alto teor de MS destas silagens, reduziu a ação de microrganismos indesejáveis. As silagens de verão foram mais desafiadas, visto terem sido oriundas de forragem com baixo teor de MS e alta capacidade tampão.

Nesta condição, a fermentação foi prejudicada, fato comprovado pelo maior teor médio de N-NH_3 das silagens não emurchecidas (23,5% do N Total). Resultados similares foram reportados por Mari et al. (2005), que verificaram teor de N-NH_3 de 18,7% N Total, ao ensilarem o capim Marandu, não submetido à prática do emurchecido, com 45 dias de crescimento vegetativo.

McDonald, Henderson e Heron (1991) reportaram que a qualidade das silagens varia de acordo com os teores de N-NH_3 em função do N Total. Para que as silagens sejam consideradas satisfatórias, aceitáveis ou de baixa qualidade, os teores de N-NH_3 devem se situar dentre valores menores que 10%, entre 10 e 15% e acima de 20%, respectivamente.

Dentro deste contexto, a silagem de verão, não emurchecida, não seria indicada para alimentação animal. Ambos os tratamentos empregados para elevar o teor de MS,

foram efetivos em reduzir sensivelmente o teor de N-NH_3 das silagens de verão. Este fato ratifica a eficiência dos tratamentos que tem como objetivo aumentar a pressão osmótica, fator determinante para inibição do crescimento de bactérias indesejáveis, tais como as do gênero *Clostridium*, sabidamente não osmotolerantes.

É importante ressaltar que a classificação descrita por McDonald, Henderson e Heron (1991) deve ser analisada dentro de um contexto, visto que a adoção desta regra de maneira isolada sugeriria as silagens de inverno como sendo de qualidade satisfatória, o que não se justifica quando os demais parâmetros preditores do valor nutritivo são considerados.

3.2.2.3 Teor de fibra insolúvel em detergente neutro

Os resultados relativos ao teor médio de FDN das silagens estão descritos na Tabela 10. Os teores de FDN variaram de 57,9% (silagem com PCP, não inoculada, no verão) a 81,2% (silagem emurchedida, não inoculada, no inverno).

Estes valores encontram-se dentro da amplitude de variação observada por Euclides (1995) para gramíneas do gênero *Panicum*. Segundo esta autora, teores de parede celular inferiores a 55% são raramente observados, superiores a 65% são comuns em rebrotas e, em estádios mais avançados de maturação, situam-se entre 75 e 80%.

Com relação às estações do ano, o teor médio de FDN foi de 74,0 e 65,7% para as silagens de inverno e verão, respectivamente. O comportamento estacional não concorda com o encontrado por Mari (2003), segundo o qual as silagens de capim Marandu apresentaram menores teores de FDN no inverno. Também discorda da proposta preconizada por Buxton e Fales (1994), para quem as reações responsáveis pela síntese de constituintes da parede celular são regidas por enzimas e a elevação da temperatura é condicionante na concentração de vários precursores enzimáticos.

Tabela 10 – Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (% MS) das silagens de submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	Estação do ano			
	Verão		Inverno	
Controle (Não emurhecida)	66,9 ^{bB}	(0,8)	74,3 ^{bA}	(0,8)
Controle + <i>L. buchneri</i>	67,4 ^{abB}	(0,8)	74,0 ^{bA}	(0,8)
Controle + <i>L. plantarum</i>	66,8 ^{bB}	(0,8)	74,2 ^{bA}	(0,8)
Emurhecida	69,3 ^{aB}	(0,8)	81,2 ^{aA}	(0,8)
Emurhecida + <i>L. buchneri</i>	69,3 ^{aB}	(0,8)	79,9 ^{aA}	(0,8)
Emurhecida + <i>L. plantarum</i>	69,6 ^{aB}	(0,8)	81,0 ^{aA}	(0,8)
Com Polpa Cítrica	57,9 ^{dB}	(0,8)	70,4 ^{cA}	(0,8)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	61,8 ^{cB}	(0,8)	68,4 ^{cA}	(0,8)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	62,5 ^{cA}	(0,8)	62,4 ^{dA}	(0,8)
Média	65,7	(0,3)	74,0	(0,3)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Os elevados teores de FDN compartilhados pelas silagens de inverno, provavelmente, tenham sido decorrentes de vários fatores. Dentre eles é possível destacar a colheita da forragem em estágio mais avançado, o que foi acompanhado por maior lignificação da parede celular e a maior participação percentual de material senescente na composição da silagem.

Ao analisar os teores de FDN, no desdobramento da interação teor de umidade x inoculante, não foi observado efeito da adição dos inoculantes nas silagens não emurhecidas ou emurhecidas, em ambas estações. Entretanto, nas silagens de verão acrescidas de PCP, houve efeito semelhante dos dois inoculantes em aumentar os teores de FDN das silagens.

Parte deste aumento, provavelmente, poderia ser explicado pelo maior teor de CHOs presentes na silagem não inoculada, não fosse a pequena diferença observada entre os teores de CHOs das silagens inoculadas e não inoculadas. A menor metabolização dos CHOs pelos microrganismos, resultaria em efeito de diluição, uma

vez que ao aumentar os teores de carboidratos não fibrosos obteve-se a diminuição da fração FDN.

Situação contrária foi observada no inverno, visto que as silagens acrescidas de PCP e inoculadas com *L. plantarum* foram efetivas em reduzir o teor de FDN, cujo valor foi 8% inferior ao das silagens não inoculadas e 6% inferior ao das silagens inoculadas com *L. buchneri*, as quais não diferiram entre si.

Este resultado concorda com os dados obtidos por Kung JR. e Ranjit (2001), em que as silagens tratadas com inoculantes contendo *L. plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *Propionibacterium freudenreichii* e enzimas apresentaram menor concentração de FDN que aquelas não inoculadas. No entanto, os autores não observaram efeito sobre o conteúdo de fibra, quando as silagens foram inoculadas com cepas de *L. buchneri* e enzimas. A ausência de enzimas fibrolíticas nos inoculantes utilizados no presente experimento torna difícil a explicação da redução do teor de FDN pela ação microbiana.

Os tratamentos eficientes em reduzir a participação de parede celular foram aqueles contemplados com adição de PCP, nas duas estações, visto que este aditivo contribuiu como fonte de carboidratos não fibrosos. Não bastasse, a PCP é rica em pectina, o que se traduz em efeito indireto sobre a diminuição da fração fibrosa.

Os resultados verificados por meio do desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano destacam a redução dos teores de FDN das silagens, quando a PCP se fez presente, em ambas estações. Este fato é justificado pela PCP apresentar em sua composição pequena participação de parede celular, que segundo determinações de Van Soest (1994) seria de 23%. A mesma tendência foi verificada após a adição de PCP, nas silagens de capim Tanzânia (CRESTANA et al., 2001) e capim Elefante (RODRIGUES et al., 2003).

A prática do emurhecimento propiciou, em ambas estações, aumento no teor de FDN das silagens, o que foi acompanhado de redução no teor de CHOs. Provavelmente, as perdas bioquímicas ocorridas durante a respiração celular, de frações potencialmente digestíveis, resultaram na maior participação percentual da fração FDN. Este resultado discorda do obtido por Vilela et al. (2001), visto que o emurhecimento do capim Elefante por 12 horas propiciou redução do teor de FDN.

A inoculação bacteriana não alterou este parâmetro, exceto nas silagens acrescidas de PCP.

3.2.2.4 Teor de fibra insolúvel em detergente ácido

Os resultados relativos ao teor médio de FDA das silagens estão apresentados na Tabela 11. Não foi verificada interação, somente os efeitos de teor de umidade e estação do ano.

Tabela 11 – Teores das frações fibrosas das silagens submetidas ao efeito dos teores de umidade

Silagem	FDA		Hemicelulose		Celulose		Lignina	
	-----% MS -----							
Não Emurchecida	42,8 ^{ab}	(1,0)	27,8 ^a	(0,9)	38,2 ^{ab}	(0,6)	5,8 ^b	(0,1)
Emurchecida	45,3 ^a	(1,0)	29,8 ^a	(0,9)	39,3 ^a	(0,6)	6,3 ^a	(0,1)
Com Polpa Cítrica	41,8 ^b	(1,0)	22,1 ^b	(0,9)	36,9 ^b	(0,6)	5,9 ^b	(0,1)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Os teores de FDA, em função da estação do ano, seguiram o mesmo comportamento dos valores observados para o FDN (47,9 e 38,7% para as silagens de inverno e verão, respectivamente). Este comportamento estacional não concorda com a proposta preconizada por Buxton e Fales (1994), conforme exposto no item anterior. A maior idade de rebrotação associada à presença de material morto na colheita de inverno determinou o maior teor de FDA.

Estes valores discordam dos obtidos por Igarasi (2002), em que o teor médio de FDA das silagens de capim Tanzânia, provenientes do corte de inverno foi de 38,1%, valor inferior ao das silagens confeccionadas no verão (41,4%). Por outro lado, concorda com os estudos realizados por Coan et al. (2001), que observaram aumento no teor de FDA (44,5% para 48,0%) em silagens de capim Tanzânia e Mombaça, a medida que o intervalo de cortes se prolongou de 45 para 60 dias.

O emurchecimento não alterou o teor de FDA das silagens, apesar de ter elevado seu teor em duas unidades percentuais, quando comparado às silagens não

emurhecidas. Este resultado concorda com o obtido por Bergamaschine et al. (2006), que não observaram efeito do emurhecimento sobre a fração FDA das silagens de capim Marandu emurhecidas (42,7 % MS) e não emurhecidas (42,3%).

No entanto, discorda dos resultados obtidos por Loures (2004), visto que as silagens obtidas de forragem emurhecida apresentaram menores teores de fração fibrosa, provavelmente, em decorrência de possível hidrólise dessa fração, desencadeada por enzimas presentes na própria planta durante o emurhecimento.

Apesar dos teores de FDA das silagens acrescidas de PCP (42,1%) não terem diferido da silagem controle (43,3%), estas foram acompanhadas de menores teores de FDA. Este fato poderia ser justificado pela menor participação desta fração na PCP, o que propiciou efeito de diluição para esta variável. Crestana et al. (2001) verificaram a mesma redução ao adicionarem PCP nas silagens de capim Tanzânia, em que o teor de FDA reduziu de 42,5% (0% de PCP) para 39,7% e 39,0% na presença de 5% e 10% de PCP na forragem úmida, respectivamente.

Como era esperado, não houve efeito da inoculação bacteriana sobre esta fração fibrosa. A maioria dos trabalhos avaliando os efeitos de inoculantes, mesmo aqueles contendo enzimas fibrolíticas, apresentam resultados semelhantes, como foi observado no experimento de Bergamaschine et al. (2006). Portanto, não é de se esperar que inoculantes contendo bactérias altere significativamente os carboidratos estruturais e, muito menos, compostos fenólicos.

3.2.2.5. Teor de hemicelulose e celulose

Os resultados referentes ao teor médio de hemicelulose das silagens estão descritos na Tabela 11. Os teores de hemicelulose variaram de 18,8% (silagem de inverno, acrescida de PCP e inoculada com *L. plantarum*) a 31,2% (silagem de verão, emurhecida e inoculada com *L. buchneri*), o que está de acordo com McDonald, Henderson e Heron (1991), que sugeriram a amplitude de variação de 10 a 30% para os teores de hemicelulose de gramíneas.

Para este parâmetro foi observado apenas o efeito do teor de umidade. Estes resultados discordam daqueles obtidos para a fração FDN, visto não ter havido

diferença quanto ao teor médio de hemicelulose, para as silagens confeccionadas no inverno (25,4%) e verão (26,5%). Ao ensilar o capim Marandu nas mesmas estações do ano e com diferentes idades de rebrotação, Mari (2003) também não observou diferença para os teores de hemicelulose.

A inclusão da PCP propiciou redução dos teores de hemicelulose das silagens. Enquanto as silagens acrescidas de PCP apresentaram teor médio de hemicelulose de 22,1%, àquelas submetidas ao emurchecimento ou não emurchecidas apresentaram teores de 29,8% e 27,8%, respectivamente, não tendo diferido entre si. Bernardes (2003) e Crestana et al. (2001) também constataram que a inclusão da PCP ao capim Marandu e capim Tanzânia, respectivamente, no momento da ensilagem, contribuiu para obtenção de menores teores de hemicelulose.

Uma das explicações estaria na contribuição da fração pectina como substrato do processo fermentativo. Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), este fato pode ser justificado pela hidrólise ácida da hemicelulose, que é desencadeada pela atividade da enzima hemicelulase, presente na forragem e sintetizada pelas bactérias. JOBIM e Gonçalves (2003) reforçam a evidência da hidrólise promovida pelas enzimas da planta, sobre o amido e hemicelulose, fornecendo hexoses e pentoses para a fermentação. Neste caso, somente a análise dos teores de CHOs poderia vir a subestimar o substrato disponível para a fermentação láctica.

O emurchecimento não alterou os teores de hemicelulose das silagens. Ao submeterem o capim Tifton 85 ao emurchecimento durante duas horas, Reis et al. (2003) também não verificaram alteração destes teores em silagens emurchecidas (35,8%) perante a silagem controle (34,8%). É provável que o tempo de exposição da forragem ao sol, não tenha sido efetivo em induzir a síntese de hemicelulases, as quais seriam responsáveis pela hidrólise desta fração.

Coan et al. (2001) não observaram o efeito da inoculação enzimático-bacteriana sobre a fração hemicelulose em silagens de capim Tanzânia e Mombaça, o que também foi corroborado neste experimento. Entretanto, Loures (2004) avaliando silagens de capim Tanzânia submetidas à ação de enzimas fibrolíticas associadas à inoculação bacteriana, constatou redução nos teores de FDN, FDA, bem como de

hemicelulose, verificando resultados positivos dessa prática sobre degradação da fração fibrosa.

Os resultados referentes ao teor médio de celulose das silagens estão descritos na Tabela 11. Os teores observados variaram de 30,6% (silagem com PCP, não inoculada, no verão) a 43,3% (silagem emurhecida, inoculada com *L. buchneri*, no inverno). Estes valores estão próximos aos descritos por Reis e Jobim (2001), que relataram teores de 20 a 40% em plantas superiores.

Quanto à estação do ano, os maiores teores de celulose foram observados nas silagens de inverno (40,7%) quando comparados às silagens de verão (35,6%). Este resultado seguiu o mesmo comportamento observado para os teores de FDN e FDA, o que caracteriza comportamento estacional não condizente com o esperado. Ao avaliar a mesma espécie forrageira, Mari (2003) verificou maiores teores de celulose nas silagens de verão (33,1% vs. 27%).

A razão para este acontecimento pode ser resumidamente explicada pelas condições climáticas vivenciadas pelas espécies forrageiras no verão. O incremento da temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de água sinalizam a matriz extracelular a necessidade de converter células do tipo parênquima em células do tipo esclerênquima, visando o incremento estrutural (parede celular).

Quanto ao efeito do teor de umidade, a inclusão de PCP foi responsável pelos menores teores de celulose, embora não tenha diferido da silagem não emurhecida. Bernardes (2003) também observou pequeno decréscimo nos teores de celulose promovido pela adição de PCP nas silagens de capim Marandu. Este decréscimo poderia ser justificado pela composição química apresentada pela PCP, cujos valores das frações fibrosas se mostram inferiores ao da forragem em estudo.

Com a prática do emurhecimento, os teores de celulose das silagens apresentaram comportamento semelhante ao obtido para os teores de FDA. Fato esperado, uma vez que a celulose corresponde a maior fração do FDA. As silagens emurhecidas (39,3%) não diferiram das não emurhecidas (37,9%) quanto ao teor de celulose.

Estes resultados não corroboram com a proposta de Levitt (1980), em que a perda de água, decorrente do emurhecimento, determinaria o aumento da

concentração de ácido abscísico. Este ácido é responsável pelo fechamento dos estômatos e elevação da concentração de etileno na planta, que, por conseguinte, induziria a síntese de celulase, o que propiciaria a redução dos teores de celulose.

A inoculação com bactérias homo e heteroláticas não foi efetiva em alterar este parâmetro. Coan et al. (2001) observaram resultados semelhantes ao ensilarem capins do gênero *Panicum* com 60 dias de rebrotação, estando o inoculante enzimático-bacteriano presente (36,2%) ou ausente (36,5%). Provavelmente, este fato se deva ao comportamento apresentado por este polissacarídeo, que ao ser submetido ao processo fermentativo se mantém estável (VAN SOEST, 1994). Reis e Jobim (2001) relataram que uma pequena fração (menos de 5%) de celulose é degradada pelo efeito das enzimas, em silagens de gramíneas.

3.2.2.6 Teor de lignina

Este parâmetro foi afetado somente para os efeitos de teor de umidade e estação do ano. Os teores de lignina variaram de 3,8% (silagem não emurchecida e não inoculada, no verão) a 8,5% (silagem emurchecida e não inoculada, no inverno). As silagens confeccionadas no inverno apresentaram teor médio de lignina (7,9%) 88,0% superior ao obtido para as silagens de verão (4,2%).

O resultado não concorda com os dados de Mari (2003), que ao ensilar a mesma espécie forrageira, não constatou diferença do teor médio de lignina para as silagens de inverno (4,1%) e verão (4,0%). Entretanto, o mesmo autor notou acentuado acúmulo de lignina nas silagens de verão, confeccionadas com forragens colhidas aos 90 dias de rebrotação. Estas silagens apresentaram teor médio de lignina 50% superior ao das silagens oriundas de forragens colhidas aos 60 dias. Provavelmente, a maior idade de rebrotação da forragem das silagens de inverno contribuiu para a maior lignificação da parede celular, como foi observado no presente experimento.

Ao analisar o efeito do teor de umidade, a adição de PCP não propiciou redução nos teores de lignina (5,9%) quando comparada à silagem controle (5,8%). Situação menos desejada foi verificada nas silagens submetidas ao emurchecimento, que se apresentou como o tratamento mais efetivo em elevar os teores de lignina das silagens

(6,9%). Estes resultados estão de acordo com Castro (2002), que observou o efeito negativo do emurchecimento em aumentar os teores de lignina das silagens de capim Tifton 85.

As silagens inoculadas não diferiram das não inoculadas, o que também foi observado por Coan et al. (2001) ao ensilarem capins do gênero *Panicum* com 45 dias de rebrotação. As frações lignina e celulose, de acordo com Van Soest (1994), se mantêm estáveis durante a fermentação no interior do silo, sendo degradadas somente na presença de fungos. Este fato poderia justificar a não efetividade dos inoculantes em degradar estas frações, em especial a fração lignina, que representa o principal obstáculo aos microrganismos responsáveis pela degradação desta fração.

3.2.2.7 Teor de carboidratos solúveis

Os resultados relativos ao teor médio de CHOs das silagens estão apresentados na Tabela 12. A discussão deste parâmetro se baseou no desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano, embora tenha sido observado os efeitos isolados do teor de umidade e da inoculação.

Os tratamentos com PCP, independentemente da realização ou não da inoculação, resultaram nos maiores teores de CHOs, evidenciando assim a participação desta fonte de nutrientes no aumento do teor de carboidratos fermentescíveis no alimento. Ao submeter este aditivo a análise bromatológica, Bernardes, Reis e Moreira (2005) encontrou teores de CHOs de 18,6% MS, o que ressalta a sua importância no aporte de substrato para os microrganismos presentes na ensilagem.

De acordo com Woolford (1984), teores de CHOs observados na forragem sem o uso de PCP são considerados muitas vezes inadequados para garantir fermentação satisfatória. Entretanto, a adição da PCP eleva seus teores, os quais se tornam apropriados para a fermentação láctica.

Tabela 12 – Teores de carboidratos solúveis (% MS) das silagens submetidas aos efeitos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	Estação do Ano			
	Verão		Inverno	
Não emurhecida	1,51 ^a	(0,22)	1,00 ^b	(0,22)
Emurhecida	0,54 ^b	(0,22)	0,21 ^c	(0,22)
Com Polpa Cítrica	2,03 ^{aB}	(0,22)	3,07 ^{aA}	(0,22)
Média	1,36	(0,10)	1,42	(0,10)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Chamberlain (1987) relatou que passados sete dias da ensilagem de azevém, os teores de CHOs aumentaram em 30%, em decorrência da ruptura das ligações químicas dos carboidratos estruturais, principalmente da hemicelulose. Portanto, somente a análise do teor total de CHOs poderia subestimar a quantidade de substrato disponível para fermentação (BERNARDES, 2003). No presente experimento, as silagens com menores teores de CHOs foram acompanhadas de maiores teores de hemicelulose, sugerindo que a menor hidrólise deste constituinte da parede celular poderia resultar em menor disponibilidade de substrato para os microrganismos.

Apesar do teor médio de CHOs não ter diferido entre as silagens confeccionadas no inverno (1,42% MS) e no verão (1,36% MS), a interação foi explicada pelo maior teor de CHOs das silagens acrescidas de PCP no inverno (3,07% MS), quando comparadas as de verão (2,03% MS). Possivelmente, os maiores teores de MS apresentados pelas silagens de inverno, requereram menor quantidade de ácido necessário para abaixamento e estabilização do pH, o que justificaria o menor consumo de CHOs pelos microrganismos presentes na massa ensilada no inverno.

Em ambas estações, o emurhecimento se caracterizou como o tratamento responsável pela maior redução dos teores de CHOs. Este resultado corrobora com o obtido por Vilela et al. (2001), o qual constatou diminuição dos teores de CHOs após 12 horas de emurhecimento do capim Elefante.

Apesar do tempo de exposição no campo do capim Marandu não ter sido prolongada, visto apresentar grande facilidade em perder umidade, a desidratação pode

ter propiciado a redução dos teores de CHO, em decorrência de perdas bioquímicas da respiração que, segundo Thomas e Thomas (1985) podem ser maiores que as perdas normalmente observadas nas silagens não emurchecidas.

3.2.2.8 Teores de ácidos graxos voláteis e do ácido láctico

Os resultados referentes aos ácidos graxos voláteis estão descritos na Tabela 13. As silagens de inverno, independente do teor de umidade, apresentaram teores de AGV bem inferiores aos das silagens de verão, embora ainda sejam mais elevados que aqueles apontados pela literatura. Ferrari Jr. e Lavezzo (2001) verificaram teores de AGV de 0,91; 0,83 e 0,71 em silagens de capim Elefante controle, acrescida de farelo de mandioca e emurchecida, respectivamente.

Porém, os altos teores de AGV verificados neste experimento se aproximam daqueles obtidos por Mari et al. (2005), que ao ensilarem o capim Marandu, com 60 dias de rebrotação, observaram valores de 9,8 e 3,9% MS, em silagens confeccionadas, respectivamente, no verão e inverno.

Os altos teores de MS apresentados pelas silagens de inverno, justificam os menores teores de C2, C4 e AGV. Estando a massa de forragem menos úmida, o ambiente fermentativo se apresenta menos diluído, o que se traduz em menor necessidade de íons H^+ para redução do pH das silagens. Além disso, a menor disponibilidade de substratos, observada nas silagens de inverno, tornou a ação de bactérias epifíticas e/ou inoculadas, mais restrita, o que pode ter reduzido seus produtos do metabolismo.

Tabela 13 – Teores de ácido acético, butírico e ácidos graxos voláteis (% MS) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	C2		C4		AGV ¹	
	-----% MS -----					
Verão						
Não emurchecida	7,48 ^{aA}	(0,09)	4,91 ^{aA}	(0,07)	12,9 ^{aA}	(0,2)
Emurchecida	3,13 ^{cA}	(0,09)	0,42 ^{cA}	(0,07)	3,9 ^{cA}	(0,2)
Com Polpa Cítrica	5,76 ^{bA}	(0,09)	3,96 ^{bA}	(0,07)	10,3 ^{bA}	(0,2)
Média	5,46	(0,16)	3,10	(0,13)	9,04	(0,3)
Inverno						
Não emurchecida	2,09 ^{bB}	(0,09)	0,49 ^{aB}	(0,07)	2,7 ^{aB}	(0,2)
Emurchecida	1,07 ^{cB}	(0,09)	0,02 ^{bB}	(0,07)	1,1 ^{bB}	(0,2)
Com Polpa Cítrica	2,81 ^{aB}	(0,09)	0,38 ^{aB}	(0,07)	3,3 ^{aB}	(0,2)
Média	1,99	(0,16)	0,30	(0,13)	2,4	(0,3)

¹ AGV – Ácido acético + ácido propiônico + ácido butírico

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si (P>0,05).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si (P>0,05).

A avaliação individual dos AGV mostrou que o ácido acético se destacou como principal representante nas silagens. Quando comparado ao ácido láctico (Tabela 14), este ácido apresenta menor poder de dissociação e, portanto, há necessidade de maiores teores para que haja redução do pH. Se no processo fermentativo sua atuação é menos expressiva, tem a vantagem de apresentar ação antimicótica efetiva, aumentando assim a estabilidade aeróbia das silagens.

A participação expressiva do C2 nas silagens de verão, em especial nas silagens não emurchecidas, provavelmente, tenha sido decorrente da atuação de enterobactérias, as quais segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) participam também da deaminação, incrementando o acúmulo de N-NH₃, fato observado no presente experimento. sendo assim, para obtenção de silagens de capim colhidas com elevado teor de umidade, há necessidade de se elevar os teores de MS, seja por meio

do emurchecimento ou adição de fontes absorventes. Caso contrário, a fermentação acética poderá ser na maioria das vezes predominante.

No presente experimento, foi possível comprovar os benefícios do emurchecimento e adição de PCP em reduzir fermentações acéticas, fato não observado no experimento de Ferrari Jr. e Lavezzo (2001). Em ambas estações, o emurchecimento se mostrou o tratamento mais efetivo em reduzir a síntese de C2, o que era esperado em decorrência do provável aumento da pressão osmótica exercida por este tratamento.

Quanto a adição de PCP, sua presença no inverno incrementou os teores de C2, uma vez que esta fonte de nutrientes disponibilizou substratos para ação dos microrganismos. No verão, a PCP atuou, principalmente, como fonte absorvente, o que elevou os teores de MS, diminuindo assim a atuação de microrganismos indesejáveis.

Em função dos baixos teores de C4 apresentados pelas silagens de inverno, a discussão foi realizada com base nas silagens de verão. Este ácido seguiu o mesmo comportamento apresentado pelo C2, consequência dos teores de umidade destas silagens. Os altos teores de C4 ratificam a presença de fermentações indesejáveis, visto se tratar de um dos produtos da fermentação clostrídica.

Aém do baixo poder de dissociação do C4, sua produção incrementa as perdas de MS, pois para cada molécula sintetizada, duas moléculas de carbono são liberadas, o que poderia explicar as maiores perdas por gases na silagem, o que foi constatado no capítulo 4. Os benefícios dos tratamentos empregados, quando comparado a silagem controle, podem ser justificados pelo incremento da pressão osmótica, o que pode ter deprimido a ação de bactérias não osmotolerantes.

Os resultados referentes aos teores de C3 e ácido láctico, bem como a relação ácido láctico:C2 se encontram na Tabela 14. Os teores de C3 tiveram pequena participação na composição dos AGV, fato também observado por Mari et al. (2003) e Ferrari Jr. e Lavezzo (2001).

Tabela 14 – Teores de ácido propiônico, ácido láctico e relação láctico:acético das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	C3		Lático		Lático:C2	
	-----% MS -----					
Verão						
Não emurchecida	0,50 ^{bA}	(0,02)	0,34 ^b	(0,18)	0,05 ^{cB}	(0,05)
Emurchecida	0,39 ^{cA}	(0,02)	0,59 ^{bA}	(0,19)	0,19 ^b	(0,05)
Com Polpa Cítrica	0,58 ^{aA}	(0,02)	1,98 ^a	(0,18)	0,36 ^{aB}	(0,05)
Média	0,49	(0,01)	0,97	(0,10)	0,20	(0,03)
Inverno						
Não emurchecida	0,09 ^B	(0,02)	0,79 ^b	(0,18)	0,40 ^{bA}	(0,05)
Emurchecida	0,04 ^B	(0,02)	0,06 ^{cB}	(0,18)	0,06 ^c	(0,05)
Com Polpa Cítrica	0,06 ^B	(0,02)	2,07 ^a	(0,18)	0,77 ^{aA}	(0,05)
Média	0,06	(0,01)	0,97	(0,10)	0,41	(0,03)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Quanto aos teores de ácido láctico, os valores observados para as silagens não emurchecidas e emurchecidas, em ambas estações, são bem inferiores aos reportados pela literatura. Ferrari Jr. e Lavezzo (2001) obtiveram teores de ácido láctico de 3,45 % MS, em silagens de capim elefante não tratada. Em levantamento feito por estes autores, quanto ao teor de ácido láctico ideal, os mesmos ressaltam que valores entre 1,5 e 2,5% MS são condizentes com silagens de boa qualidade.

Sendo assim, a adição de PCP, nas duas estações, provavelmente forneceu substratos necessários para que bactérias ácido lácticas, principalmente, as homofermentativas pudessem sintetizar como produto final o ácido láctico, dentro dos valores considerados satisfatórios, o que pode ser observado na Tabela 15.

O desdobramento da interação teor de umidade x inoculante possibilitou inferir ainda que as cepas de bactérias *L. plantarum* demonstraram ser as mais eficientes em

sintetizar ácido láctico, o que era esperado. As cepas de bactérias heteroláticas, representadas no presente experimento pelas bactérias *L. buchneri*, mostraram comportamento distinto. Não foi observado efeito deste inoculante em alterar os teores de ácido láctico, em silagens não emurchecidas ou emurchecidas. Porém, nas silagens acrescidas de PCP, a inoculação com *L. buchneri* propiciou redução nos teores de ácido láctico.

Tabela 15 – Teores de ácido láctico e relação láctico:acético das silagens submetidas ao efeito dos teores de umidade

Silagem	Inoculação Bacteriana					
	Não Inoculada		<i>L. buchneri</i>		<i>L. plantarum</i>	
	Ácido Láctico (% MS)					
Não emurchecida	0,38 ^{bB}	(0,22)	0,23 ^{bB}	(0,22)	1,09 ^{bA}	(0,22)
Emurchecida	0,11 ^b	(0,22)	0,56 ^{ab}	(0,24)	0,30 ^c	(0,22)
Com Polpa Cítrica	1,96 ^{aB}	(0,22)	1,03 ^{aC}	(0,22)	3,09 ^{aA}	(0,22)
Média	0,81	(0,13)	0,61	(0,13)	1,50	(0,13)
	Ácido Láctico:C2					
Não emurchecida	0,13 ^{bB}	(0,05)	0,10 ^B	(0,05)	0,44 ^{bA}	(0,05)
Emurchecida	0,06 ^b	(0,05)	0,19	(0,06)	0,13 ^c	(0,05)
Com Polpa Cítrica	0,54 ^{aB}	(0,05)	0,27 ^C	(0,05)	0,88 ^{aA}	(0,05)
Média	0,24	(0,33)	0,19	(0,34)	0,48	(0,33)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas, para o mesmo parâmetro, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, para o mesmo parâmetro, não diferem entre si ($P>0,05$).

A avaliação dos inoculantes, nos diferentes teores de umidade, mostrou que a presença da PCP possibilitou a todas as silagens, a obtenção dos maiores teores de ácido láctico. Não só as bactérias adicionadas por meio da inoculação, mas também a população de bactérias epífitas, representantes das silagens não inoculadas, provavelmente utilizaram desta fonte rica de CHOs, para síntese do ácido láctico.

A relação ácido láctico:C2 apresentou comportamento similar ao obtido pelo ácido láctico. É desejável que as silagens apresentem alta relação ácido láctico:C2. Ao avaliarem o perfil fermentativo de silagens de milho colhido com 97 dias de crescimento vegetativo, Rodrigues et al. (2004) verificaram o valor de 3,33 para esta relação. Ferrari Jr. e Lavezzo (2001) também observaram alta relação destes ácidos (5,85), ao ensilar o capim Elefante com 70 dias de rebrotação.

Embora a inoculação com *L. plantarum* tenha resultado na melhor relação entre os ácidos, é importante ressaltar que os altos teores de ácido acético das silagens de verão, mesmo naquelas emurchecidas ou submetidas a adição de PCP, tornaram impossível a obtenção de uma boa relação ácido láctico:C2. Portanto, a análise isolada deste parâmetro mostrou que houve limitação fermentativa, o que tornou menos eficiente o processo fermentativo da maioria dos tratamentos, salvo aqueles representados pela inclusão de PCP.

3.2.2.9 Digestibilidade verdadeira *in vitro* da MO e da MS

Os valores relativos aos coeficientes de DVIVMO e DVIVMS apresentaram comportamentos semelhantes. Os resultados presentes na Tabela 16 mostram valores de DVIVMS superiores aos de DVIVMO.

A pequena superioridade poderia ser justificada pela possível contaminação do capim ensilado, por componentes minerais provenientes do solo, que teriam solubilidade superior à matéria orgânica das silagens. Mari (2003) observou resultados semelhantes, embora estes sejam opostos aos reportados na literatura (VAN SOEST, 1994). A discussão dos resultados foi realizada com base na DVIVMS, visto ser a forma comumente retratada pela literatura.

Houve efeito do teor de umidade, estação do ano e da interação inoculante x estação do ano. Os coeficientes de DVIVMS variaram de 40,3% (silagem emurchecida e não inoculada, no inverno) a 62,1% (silagem com PCP e não inoculada, no verão).

As silagens de verão apresentaram coeficiente médio de DVIVMS de 56,1%, tendo sido 30,4% superior ao das silagens de inverno, não concordando com os valores preconizados pela literatura. Seguindo o mesmo comportamento das frações fibrosas

avaliadas anteriormente, os dados de digestibilidade foram, provavelmente, mais afetados pela idade de maturidade do capim e presença de material senescente, do que propriamente pela estação do ano.

Este fato era esperado, visto que as silagens de verão apresentaram menores teores de FDN e FDA, bem como de celulose e lignina. Além disso, foram acompanhadas de maiores teores de PB, sendo a DVIVMS reflexo das frações digestíveis (PB e CHOs) e potencialmente digestíveis (FDN, FDA, hemicelulose, celulose).

Tabela 16 – Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica das silagens submetidas aos efeitos dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	DVIVMS		DVIVMO	
	----- % -----			
Verão				
Não Inoculada	57,7 ^{aA}	(0,6)	55,7 ^{aA}	(0,6)
<i>L. buchneri</i>	55,5 ^{bA}	(0,6)	53,3 ^{bA}	(0,6)
<i>L. plantarum</i>	55,2 ^{bA}	(0,6)	52,9 ^{bA}	(0,6)
Média	56,1	(0,3)	53,9	(0,3)
Inverno				
Não Inoculada	41,6 ^{bB}	(0,6)	40,5 ^{bB}	(0,6)
<i>L. buchneri</i>	44,0 ^{aB}	(0,6)	43,0 ^{aB}	(0,6)
<i>L. plantarum</i>	44,5 ^{aB}	(0,6)	43,6 ^{aB}	(0,6)
Média	43,3	(0,3)	42,4	(0,3)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si (P>0,05).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si (P>0,05).

GERDES et al. (2000b) ao avaliarem o valor nutritivo do capim Marandu, no verão e inverno, encontraram coeficientes médios de DIVMS de 65,7 e 62,1%, respectivamente. Esses valores foram superiores aos observados no presente

experimento, o que seria justificado pelo capim ter sido colhido aos 35 dias de rebrotação.

Ao ensilar a mesma espécie forrageira, Bernardes (2003) obteve baixo coeficiente médio de DVIVMS (45%), o que poderia ser justificado pela colheita do capim em estágio de maturidade mais avançado (58 dias de rebrotação). O valor médio reportado por Nussio et al. (2000) para o capim Marandu foi de 50,7%, o qual é próximo ao valor médio obtido no presente experimento, para a média das estações (49,7%).

Tabela 17 – Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica das silagens submetidas ao efeito dos teores de umidade

Silagem	DVIVMS		DVIVMO	
	-----%			
Não Emurhecida	48,6 ^b	(0,4)	47,0 ^b	(0,4)
Emurhecida	47,7 ^b	(0,4)	46,0 ^b	(0,4)
Com Polpa Cítrica	52,9 ^a	(0,4)	51,5 ^a	(0,4)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si (P>0,05).

As práticas adotadas para elevar os teores de MS das silagens, em ambas estações, apresentaram comportamentos distintos, no que se refere ao valor nutritivo. A adição de PCP foi efetiva em elevar os coeficientes de DVIVMS das silagens, algo não constatado com o emurhecimento, uma vez que as silagens emurhecidas não diferiram das não emurhecidas (Tabela 17). Ao adicionarem 5% de PCP ao capim Tifton 85, no momento da ensilagem, Reis et al. (2003) também observaram aumento da digestibilidade destas silagens.

Os maiores coeficientes de DVIVMS observados nos tratamentos que incluíram a PCP poderiam ser justificados pela contribuição desta fonte de nutrientes em diluir as frações fibrosas; pela preservação dos teores de PB, em decorrência de menor proteólise; e por se tratar de uma fonte de pectina, substrato de alta digestibilidade, que apesar de estruturalmente fazer parte da parede celular, biologicamente compreende o conteúdo celular.

Vilela et al. (2001) constataram tendência de redução da digestibilidade, ao submeter o capim Elefante ao emurhecimento por seis horas. Contudo, ao aumentar o

tempo de exposição para 12 horas, houve redução da digestibilidade. A mesma prática não contribuiu para o incremento deste parâmetro, no presente experimento. Provavelmente, o processo de respiração celular, iniciado imediatamente após o corte da forragem, desencadeou reações que conduziram a perdas bioquímicas de componentes digestíveis.

Estes resultados contrariam os obtidos por Loures (2004), que observou maior DIVMS nas silagens de capim Tanzânia submetidas ao emurhecimento, o que segundo a autora pode ser atribuído ao fato destas silagens terem apresentado menor conteúdo da fração fibrosa.

Ao analisar o efeito da inoculação bacteriana no verão, foi constatado menor coeficiente de DVIVMS nas silagens inoculadas com cepas de *L. plantarum* (55,2%) e *L. buchneri* (55,5%), as quais não diferiram entre si. Isto poderia ser justificado pela menor capacidade de atuação destes microrganismos sobre a fração fibrosa, pois a maioria das bactérias ácido lácticas contém pequena ou nenhuma habilidade em degradar a parede celular da planta, fato comprovado e discutido nos itens anteriores.

Comportamento inverso foi observado nas silagens de inverno, visto que o coeficiente de DVIVMS se mostrou maior na presença destes microrganismos, o que em parte poderia ser justificado pela maior preservação de PB. No entanto, não justificaria sua inclusão em decorrência do baixo valor nutritivo apresentado por estas silagens. Segundo Kung Jr e Ranjit (2001), a amplitude de teor de MS mais adequada para ação de *L. buchneri* seria entre 35 e 40%, o que poderia justificar a ausência de resultado positivo dessa cepa de bactéria quando inoculada em silagens não emurçadas.

Independente da estação do ano, as cepas de bactérias não diferiram entre si, quanto ao seu efeito sobre a digestibilidade. Após terem ensilado capins do gênero *Panicum* com duas idades de rebrotação (45 e 60 dias) na presença ou ausência da inoculação enzimático-bacteriana, Coan et al. (2001) não encontraram diferença entre as silagens tratadas e a testemunha.

O valor nutritivo de um alimento é definido por sua composição químico-bromatológica e digestibilidade. Devido a grande importância conferida a digestibilidade, é possível ressaltar que as silagens confeccionadas no inverno

apresentaram valor nutritivo aquém do desejado. A baixa digestibilidade foi acompanhada de pequena produtividade, como pode ser observado no capítulo 4, item 4.2.1.5.1.

Como a escolha da espécie forrageira deve associar qualidade e produtividade, variáveis não contempladas por estas silagens de inverno, as mesmas não deveriam ser elegíveis como fonte de alimento volumoso para animais ruminantes. Quanto às silagens confeccionadas no verão, os coeficientes de DVIVMS, podem ser considerados aceitáveis e se enquadram dentro os valores reportados pela literatura. Portanto, passam a ser opção como constituinte de rações, principalmente, se as silagens em questão forem àquelas acrescidas de PCP.

3.3 Conclusões

Apesar da idade de colheita não ter sido pré-determinada como tratamento, os 25 dias adicionais de rebrotação concedidos ao capim Marandu no inverno, visando maior produção, provavelmente incorporaram nos resultados efeito da idade de rebrotação. Este fato, somado a condição de manejo não intensiva e a maior participação de material senescente, tornou esta prática de conservação não elegível nesta situação.

O emurchecimento do capim Marandu requer monitoramento especial do tempo de exposição, visto que cinco horas no campo, resultou em elevada perda de umidade, fato observado em ambas estações. Esta prática não se traduziu em silagens de melhor valor nutritivo. Portanto, se o único objetivo fosse incrementar o valor nutritivo das silagens, o emurchecimento não seria uma prática indicada.

A adição de 7,5% de PCP, na forragem úmida, melhorou a eficiência do processo fermentativo, em ambas estações, se traduzindo em maiores coeficientes de digestibilidade. A indicação deste subproduto agroindustrial deverá ser pautada, não somente, na disponibilidade no mercado, custo do frete e do produto, mas também nos seus benefícios em melhorar a qualidade da silagem.

De modo geral, os benefícios advindos da presença dos inoculantes bacterianos não foram considerados essenciais ao processo fermentativo. Portanto, a decisão sobre

a recomendação deverá considerar aspectos relacionados às eficiências, não somente no processo fermentativo, mas também as perdas após a abertura do silo.

Referências

- AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; CORSI, M. Efeito do tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada de silagem de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.314-315.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990, v.1, 1117p.
- BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W.V.V.; ISEPON, I.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.
- BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 108p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2003.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.3, p.214-220, 2005.
- BUXTON, D.R.; FALES, S.L. Plant environment and quality. In: FAHEY JUNIOR, G.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA; SSSA, 1994. p.155-159.
- CASTRO, F.G.F. **Uso de pré-emurhecimento, inoculante bacteriano-enzimático ou ácido propiônico na produção de silagem de Tifton 85 (*Cynodon* sp.)**. 2002. 136p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- CHAMBERLAIN, D.G. The silage fermentation in relation to the utilization of nutrients in the rumen. **Process Biochemistry**, Oxford, v.1, p.60-63, 1987.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N.; PEDREIRA, M.S.; REIS, R.A. Efeitos do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.124-126.

CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; CORSI, M. Efeito da fermentação na fração fibra de silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.354-355.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350-356, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412p.

EUCLIDES, V.P.B. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. O capim colônia. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. p.245-273.

FERRARI JR., E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; CARVALHO, D.D.; SCHAMMASS, E.A. Avaliação de características agrônômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.947-954, 2000a.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; POSSENTI, R.A.; SCHAMMASS, E.A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.955-963, 2000b.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: MOORE, K.J.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (Eds.) *Post Harvest Physiology and Preservation of Forage*. Madison: CSSA, ASAS, CSSA, cap.5, p.91-115, 1995. (Special Publication, 22).

JOBIM, C.C.; GOLÇALVES G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; MOREIRA, A.L. (Ed.). **Volumosos na Produção de Ruminantes: Valor Alimentício de Forragens**. Jaboticabal: Editora Funep, 2003, p.1-26.

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

LEVITT, J. **Responses of the plants to environmental stress**. New York: Academic Press. 1980. 324p.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MACHADO, A.O.; CECATO, U.; MIRA, R.T. Avaliação da composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.5, p.1057-1063, 1998.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochts. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu)**: produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. 2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; RIBEIRO, J.L.; CAMARGO, M.S.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S.F.; JUNQUEIRA, M.C.; LOURES, D.R.S.; NUSSIO, C.M.B. Perfil fermentativo das silagens de capim-marandu (*Brachiaria brizantha*, Stapf. cv. Marandu) colhido em intervalos entre cortes fixos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD-ROM.

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

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.C.; BALSALOBRE, M.A. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2000. p.121-138.

PALMIQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain or high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.3152, 1971.

PEDREIRA, M.S.; MOREIRA, A.L.; REIS, R.A.; COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; AZEVEDO, P.T.; SEIXAS, P.F. Características químicas e fermentativas do Tifton 85 (*Cynodon spp.*) ensilado com diferentes conteúdos de matéria seca e níveis de polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.100-102.

PITT, R.E. A model of cellulose and amylase additives in silage. **Journal Dairy Science**, Lancaster, v.73, p.1788-1799, 1990.

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

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effects of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.83, n.3, p.526-535, 2000.

REIS, R.A.; COAN, R.M.; PEDREIRA, M.S.; PANIZZI, R.C.; BERNARDES, T.F.; SILVA, J.M.N. Valor nutritivo do capim Tifton 85 ensilado com diferentes conteúdos de umidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

REIS, R.A.; JOBIM, C.C. Perfil da fração de carboidratos da planta e adequação de aditivos no processo de ensilagem. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.27-51.

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. Morphology, taxonomy and natural distribution of *Brachiaria* (Trin.) Griseb. In: MILES, J.W.; MASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.). **Brachiaria**: biology, agronomy and improvement. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1996. cap.1, p.1-15.

RODRIGUES, P.H.M.; BORGATTI, L.M.O.; DE SOUZA, R.W.; PASSINI, R. Níveis crescentes de polpa cítrica sobre a qualidade fermentativa da silagem de capim elefante. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, P.H.M.; RUZANTE, J.M.; SENATORE, A.L.; LIMA, F.R.; MELOTTI, L.; MEYER, P.M. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.3, p.538-545, 2004.

SAS INSTITUTE. **The SAS System for Windows**: version 8.02. Cary, SAS Institute, 2001. 1 CD-ROM.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos:** métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1981. 166p.

SOLLENBERGER, L.E.; REIS, R.A.; NUSSIO, L.G.; CHAMBLISS, C.G.; KUNKLE, W.E. Conserved forage. In: **Warm Season grasses**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.355-387.

THOMAS, C.; THOMAS, P.C. Factors affecting the nutritive value of grass silages. In: COLE, D.J.; HARESING, W. (Ed.) **Recent advances in animal nutrition**. London: Butterworths, 1985. p.223-256.

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

VILELA, H.; BARBOSA, F.A.; DIAS, E.T.; RODRIGUEZ, N.; BENEDETTI, E. Qualidade das silagens de capim Elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso) submetidas a três tempos de emurchecimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.323-324.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v.81, p.620-632, 1998.

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

4 PERDAS FERMENTATIVAS E PARÂMETROS FÍSICOS DAS SILAGENS DE CAPIM MARANDU, CONFECCIONADAS SOB OS EFEITOS DO TEOR DE MATÉRIA SECA E INOCULAÇÃO BACTERIANA, NO VERÃO E INVERNO

Resumo

O estudo objetivou avaliar como a estação do ano, o teor de MS e a inoculação bacteriana podem afetar as perdas de MS, os parâmetros físicos e a estabilidade aeróbia das silagens de capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial (2 x 3 x 3); composto por duas estações do ano (verão e inverno), três teores de MS (sem ou com emurchecimento ou adição de PCP) e ausência ou presença de inoculantes (*Lactobacillus plantarum* ou *L. buchneri*), perfazendo 18 tratamentos com quatro repetições cada. As silagens foram confeccionadas em baldes de plástico com 20 L, contendo no fundo areia seca para determinação quantitativa do efluente produzido. Estes silos eram dotados de tampa contendo válvula do tipo *Bunsen* para a liberação dos gases produzidos durante o processo fermentativo. Após 90 dias da confecção, os silos foram abertos e submetidos às determinações referentes a produção de efluente, perdas por gases e recuperação de MS (RMS). Em ambas estações, o emurchecimento elevou os teores de MS da forragem, o que poderia explicar os maiores valores de pH e menores DMV destas silagens. Esta prática reduziu a produção de efluente, no verão, bem como as perdas por gases. As silagens de verão contendo PCP apresentaram menor produção de efluente (0,8 kg t/MV), não tendo diferido daquelas emurchecidas. Os inoculantes se mostraram pouco efetivos em alterar os parâmetros avaliados, e no verão, foram responsáveis por maiores perdas por gases, o que reduziu a RMS. Nas silagens de verão, a menor RMS foi verificada em decorrência dos maiores valores de Aw, CE, efluente e gases. Na avaliação de estabilidade aeróbia, estas silagens se mostraram mais estáveis que àquelas produzidas no inverno, embora não tenham diferido quanto às perdas de MS. Ainda no verão, o emurchecimento e a PCP foram responsáveis pelo maior RMS, visto terem sido os tratamentos mais eficientes em reduzir perdas por gases. No entanto, esta maior eficiência não se repetiu quando as silagens emurchecidas foram expostas ao ambiente, visto terem apresentado o menor número de horas em estabilidade e não terem diferido das demais silagens quanto as perdas de MS em aerobiose. Isto, somado as maiores perdas por recolhimento, na colheita, tornou este tratamento menos indicado quando comparado àqueles acrescidos de PCP. Portanto, a adição de 7,5% de PCP se caracterizou como opção mais interessante. As menores perdas no campo, na fermentação e a maior estabilidade foram responsáveis por esta indicação. É provável que melhores resultados poderiam ter sido observados, caso a participação da PCP fosse incrementada, visando elevação dos teores de MS para valores próximos a 30%.

Palavras-chave: Densidade; Efluente; Emurchecimento; Estabilidade aeróbia; Perdas por gases; Tamanho de partículas

LOSSES AND PHYSICAL PARAMETERS OF THE FERMENTATIVE PROCESS OF PALISADEGRASS SILAGES, AFFECTED BY YEAR SEASON, DRY MATTER LEVEL AND BACTERIAL INOCULATION

Abstract

The objectives of this trial were to evaluate how year season, dry matter level and bacterial inoculation might affect dry matter losses and physical parameters of Palisadegrass silages. The trial was carried out in a completely randomized experimental design in a factorial arrangement (2 x 3 x 3); two year seasons (Summer and Winter), three dry matter levels (with or without wilting or with citrus pulp) and inoculant addition with one or two microorganism (*Lactobacillus plantarum* ou *Lactobacillus buchneri*), totalizing 18 treatments with four replications each. Silages were made in 20L plastic buckets, with dry sand at the botton and provided with a *Bunsen* type valve to allow gases, to escape. After 90-d of storage period, the experimental silos were oppened and quantified effluent yield (E), gases losses (G) and dry matter recovery rate (DMRR). In both seasons, wilting increased dry matter levels, explaining the highest values of pH and smallest fresh matter densities (FMD). Forage wilting also decreased effluent yield (in the Summer) and gases losses. Citrus pulp addition in the forage led to smaller effluent yield in the Summer-silages (0.8 kg of fresh matter), and were similar to wilted silages. The inoculants were less effective to change the parameters evaluated, and in the summer, they were responsible for the increase in gases losses, which decreased dry matter recovery. On the summer silages, the smallest value of dry matter recovery can be attributed to the higher values of water activity, electric conductivity, effluent and gases. Considering aerobic stability, these silages were more stable than winter silages, although, both of them were not different in dry matter losses. On the summer silages, wilting and addition of citric pulp pellets were responsible for the higher dry matter recovery, since they were more efficient in decrease gases losses. Although, this enhanced efficiency was not observed when wilting silages were exposed to aerobic conditions, less hours of stability and similar dry matter losses were obtained for these silages. Considering also, the larger residual field losses during the harvest, wilting treatment is less recommendable than the other containing citric pulp pellets. Thus, the addition of 7.5% of citric pulp pellets seems to be the most interesting option. The smallest losses of fermentation, harvesting, and better aerobic stability were responsible for this conclusion. It is possible that better results could be observed, if the level of pulp citric pellets were bigger in this treatment, aiming an increasing of dry matter to values around 30%.

Keywords: Aerobic stability; Gases losses; Effluent; Density; Particle size; Wilting

4.1 Introdução

A intensificação dos trabalhos destinados à conservação de gramíneas tropicais, na forma de silagem, ocorreu no século XX, mais precisamente no final da década de 60, início dos anos 70. Esta expressiva propagação se justificou, principalmente, pela alta produtividade, flexibilidade de manejo e grande abrangência nacional destas espécies, que dentro deste setor produtivo, se traduz em competitividade, decorrente da maior escala de produção.

Este cenário seria mais comemorado pelo Brasil, não fossem as limitações inerentes ao processo fermentativo. Os estudos avaliando o ajuste e mecanismo de corte dos equipamentos são restritos e, muitas vezes, negligenciado pelo setor produtivo. Ao assumir tal postura, o mesmo tem se deparado com tamanho médio de partículas inadequados, comprometendo assim a compactação da forragem, o que resulta nas maiores perdas de MS no silo (HOLMES e MUCK, 1999).

Quando fornecidas aos animais, partículas de maior tamanho permitem que vacas em lactação selecionem componentes da dieta, podendo acarretar em menor consumo de fibra efetiva e, como consequência, redução no teor de gordura do leite e aumento na incidência de laminite (HEINRICHS e LAMMERS, 1997). Portanto, os esforços na obtenção de um tamanho médio de partículas reduzido promoveriam benefícios fermentativos, traduzidos por menores perdas totais de MS.

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), a redução no tamanho de partículas pode ser favorável ao processo de fermentação da massa ensilada, em função da compactação facilitada, incremento na área superficial da forragem, permitindo maior interação entre substrato e microrganismos e pela liberação de maior quantidade de conteúdo celular. Balsalobre et al. (2001) concordaram com esses autores, salientando ainda menores perdas de MS, mesmo com tendência de aumento na produção de efluente.

A produção de efluente passa a ter maior importância quando as forragens são ensiladas com alto teor de umidade, situação comumente observada na ensilagem de gramíneas tropicais. Neste caso, a adição de material absorvente ou a prática do emurhecimento são imprescindíveis.

Ao ensilarem o capim Tanzânia com idade de rebrotação de 60 dias, após emurchecimento por 3 e 6 horas, Crestana et al. (2001) sugeriram haver efeito combinado de lixiviação de minerais, drenados pelo efluente da silagem úmida, associado à respiração de CHOs durante o processo de emurchecimento, o que garante menor disponibilidade energética à silagem emurchecida.

Quanto maior a extensão do emurchecimento, maior será o consumo de CHOs. A água, CO₂ e calor produzido pela respiração das folhas da planta, também resultam em perdas de MS. Estas perdas normalmente são incrementadas no momento da colheita, principalmente se esta for acompanhada do emurchecimento. A vedação ineficiente e retenção de ar podem ainda propiciar incrementar os prejuízos, devido ao aquecimento excessivo da massa ensilada (JASTER, 1995).

Após a vedação, as maiores perdas passam a ser representadas pela fermentação. O teor de umidade da forragem a ser ensilada afeta a contagem total de bactérias e, conseqüentemente, a extensão da fermentação. Parece razoável aceitar por essa razão que, salvo se a fermentação é predominantemente homolática, parece existir uma relação inversa entre o teor de MS da forragem e as perdas fermentativas (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Altos teores de MS incitam o aumento da produção de gases, visto que este ambiente favorece o desenvolvimento de bactérias lácticas e do gênero *Clostridium*, responsáveis por incrementar tais perdas (WOOLFORD, 1984).

Paziani (2004) verificou menores perdas por gases em silagem de capim Tanzânia acrescida de milho (4,9% MS) quando comparada as silagens emurchecida (6,2% MS) e controle (6,4% MS). Apesar das silagens contempladas pela inoculação bacteriana não terem diferido do tratamento controle, estas apresentaram tendência em redução da produção de gases. Segundo a autora, isto pode ser explicado pela rápida acidificação do meio, o que teria evitado o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Quando o silo é aberto e o manejo de retirada de silagem se inicia, as perdas passam a ser decorrentes dos processos de deterioração aeróbia. Microrganismos que permaneceram latentes na ausência de oxigênio se multiplicam, resultando na deterioração das silagens (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Neste caso, a

mensuração da estabilidade aeróbia possibilita a inferência de valores para estas perdas em silagens.

Ao ensilarem Cevada (*Hordeum vulgare* L.) com 39,4% MS, Kung Jr. e Ranjit (2001) verificaram que os melhores resultados de estabilidade aeróbia foram observados nos tratamentos contendo doses intermediárias e altas de *L. buchneri*, nos quais a silagem se manteve estável por mais de 720 horas, enquanto as silagens inoculadas com *L. plantarum* e não inoculadas se tornaram instáveis com 155 e 376 horas, respectivamente. Este resultado ratifica a instabilidade apresentada pelas silagens inoculadas com bactérias homofermentativas, responsáveis pela maior síntese de ácido láctico, o qual é utilizado como substrato por leveduras.

Com tantas fontes potenciais de perdas, o processo de ensilagem não pode ser considerado de maneira reducionista. Na prática, a mensuração destas perdas pelo setor agropecuário não é comum, embora seja imprescindível para que se possa analisar a viabilidade deste sistema de produção.

Com base no exposto, os objetos deste estudo foram avaliar como o emurchecimento, o uso de PCP e de inoculantes bacterianos podem afetar as perdas de MS e os parâmetros físicos de silagens confeccionadas com o capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu), no verão e inverno.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Material e Métodos

4.2.1.1 Espécie vegetal

A espécie forrageira estudada foi o capim Marandu, tradicionalmente conhecido como *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.). É originária do Zimbábwe, uma região vulcânica da África do Sul.

4.2.1.2 Local do experimento

O experimento foi realizado em uma pertence ao Departamento de Aviação Civil (DAC), localizada nas coordenadas geográficas aproximadas de 22° 42' de latitude sul, 47° 38' de longitude oeste e altitude de 546 m. O local tem sido utilizado sob a concessão do Departamento de Zootecnia – Setor Ruminantes, USP/ESALQ, em Piracicaba, SP.

Os cortes de uniformização do capim Marandu foram realizados nos dias 07 de maio e 16 de dezembro de 2002, para confecção das silagens de inverno e verão, respectivamente. As ensilagens ocorreram nos dias 15 e 16 de julho de 2002 (silagem de inverno) e nos dias 03 e 04 de fevereiro de 2003 (silagem de verão).

A caracterização do solo, estabelecimento da espécie, bem como os dados climáticos estão descritos detalhadamente nos itens 3.2.1.2, 3.2.1.4 e 3.2.1.8, respectivamente.

4.2.1.3 Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos corresponderam a combinações de duas estações do ano; três teores de MS e ausência ou presença de dois inoculantes bacterianos:

Fator 1 – Estação do ano:

- Verão ou Inverno;

Fator 2 – Teor de MS:

- Não emurhecido ou Emurhecido ou Adição PCP;

Fator 3 – Inoculante Bacteriano:

- Ausente ou *L.plantarum* ou *L.buchneri*.

O delineamento experimental foi definido como inteiramente casualizado, disposto num arranjo fatorial 2 x 3 x 3. Sob esse arranjo foram gerados 18 tratamentos, avaliados com quatro repetições cada, resultando em 72 silos experimentais (unidades experimentais).

4.2.1.4 Práticas agronômicas e colheita da forragem

As correções do solo foram realizadas em setembro (2001 e 2002) com as aplicações de 2000 kg/ha de calcário dolomítico. No momento do corte de uniformização da área foram aplicados, por meio de um abubo líquido, 200 kg/ha de nitrogênio em toda área experimental.

O corte e a colheita da forragem foram realizados pela colhedora da marca Casale®, modelo CF 2000 Super. Após a realização do corte, a forragem picada foi depositada sobre uma lona plástica, submetida aos seus respectivos tratamentos, amostrada, sendo então acondicionada nos silos experimentais.

4.2.1.5 Produção de MS e perdas decorrentes dos processos de colheita

Na área delimitada para o corte da forragem foram lançados três quadrados (1 m²), os quais representaram as áreas com baixa, média e alta massa de forragem. Com o auxílio de facas, toda forragem contida do quadrado foi colhida a altura de 5 cm acima do nível do solo e acondicionada em sacos de polietileno.

As mensurações das perdas ocorridas no campo, também denominada de estimativa da eficiência de corte, bem como da produção de MS foram realizadas com base na amostragem quantitativa da massa de forragem, por meio do lançamento de um quadrado de dimensões conhecidas na vegetação (Penati et al., 2001). A forragem foi colhida com dois teores de MS (forragem úmida e emurcheada). O material morto contido nos quadrados não foi mensurado.

Além das perdas ocorridas no campo, compartilhadas pelos cortes das forragens úmidas e emurcheadas, houve também a avaliação das perdas, oriundas do processo de recolhimento da massa de forragem submetida à desidratação (emurcheada).

4.2.1.5.1 Perdas de massa seca

Os procedimentos adotados para todas as fontes geradoras de perdas foram semelhantes. Os quadrados (1 m²) foram lançados em locais representativos da gleba

experimental. Na seqüência, toda forragem contida no quadrado, com exceção do material morto, foi cortada e recolhida.

A colhedora foi regulada para realizar o corte da forragem a aproximadamente 5 cm acima do nível do solo. Toda forragem (resíduo da touceira) acima da altura pré-estabelecida, portanto não colhida, foi então mensurada.

As perdas na colheita foram representadas pela massa de forragem que permaneceu no campo após o corte. Possivelmente, uma das maiores causas dessa perda estaria relacionada a um erro operacional, mais especificamente à falta de sincronismo entre os operadores da colhedora e do vagão forrageiro. Esse material também foi recolhido e quantificado separadamente.

Após ter permanecido exposta por aproximadamente cinco horas no campo, a forragem emurchecida que até o momento só havia sido submetida ao corte pelo conjunto de facas móveis, posicionadas na barra frontal da colhedora, foi recolhida pelo mesmo equipamento, sofrendo a repicagem final pelas facas do rotor. A forragem ceifada e não recolhida foi quantificada pelo lançamento de três quadrados.

Toda forragem delimitada nos quadrados foi pesada e uma amostra foi seca em estufa de circulação forçada de ar (55 °C) até atingir a massa constante. A produção e perda de MS, estimadas nos quadrados (kg/m²) foram extrapoladas para toneladas por hectare, e estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Estimativa da produção e perdas de massa seca obtidas em uma colheita do capim Marandu

Forragem	Produção	Perdas – Resíduo	Perdas – Captação
	----- t MS/ha -----		
	Colheita de Verão		
Não Emurchecida	7,1	2,7	0,2
Emurchecida	8,1	2,0	0,8
Média	7,6	2,4	0,5
	Colheita de Inverno		
Não Emurchecida	1,5	0,3	0,05
Emurchecida	1,9	0,2	0,2
Média	1,7	0,3	0,1

4.2.1.6 Forragem destinada à confecção das silagens

No dia da ensilagem, glebas homogêneas foram identificadas para realização da colheita e ensilagem da massa de forragem. Uma amostra da forragem utilizada para o enchimento dos silos experimentais foi coletada e submetida a algumas determinações. Os valores médios das variáveis avaliadas estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Parâmetros físicos das forragens de cada tratamento no momento da ensilagem

Tratamentos	MS %	Aw	CE mS/cm	c*	pH	Poder Tampão nº e.mg/100 g MS	Partícula mm
Inverno							
Controle (não emurhecido)	57,9	89,8	0,28	0,12	8,0	16,3	52,2
Controle + <i>L. buchneri</i>	58,5	89,3	0,31	0,12	8,2	15,1	50,0
Controle + <i>L. plantarum</i>	56,5	90,0	0,28	0,12	8,1	16,2	51,3
Emurhecida	87,0	88,6	0,77	0,03	5,9	15,1	48,8
Emurhecida + <i>L. buchneri</i>	91,4	83,7	0,61	0,03	6,1	13,2	45,0
Emurhecida + <i>L. plantarum</i>	86,0	86,3	0,61	0,03	6,1	14,2	44,4
Polpa Cítrica	51,8	86,8	0,63	0,14	7,2	31,5	36,1
Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	53,5	87,7	0,52	0,12	8,0	23,4	47,4
Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	60,4	88,0	0,42	0,12	8,1	24,7	38,9
Verão							
Controle (Não emurhecida)	22,8	88,8	0,32	0,47	6,0	30,7	47,0
Controle + <i>L. buchneri</i>	21,6	88,7	0,52	0,48	6,2	23,9	48,0
Controle + <i>L. plantarum</i>	21,4	88,7	0,44	0,52	6,5	29,1	45,6
Emurhecida	37,8	88,6	1,09	0,18	7,3	22,7	49,8
Emurhecida + <i>L. buchneri</i>	42,6	87,7	1,05	0,21	6,4	15,7	47,0
Emurhecida + <i>L. plantarum</i>	39,8	88,2	0,99	0,18	7,6	16,3	50,4
Polpa Cítrica	25,6	88,0	0,87	0,37	5,4	34,0	39,7
Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	28,4	87,8	0,41	0,39	6,0	35,8	45,6
Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	28,4	87,6	0,50	0,42	5,5	30,5	45,1

*c – Constante de Greenhill (Aw), expressa pelo peso das moléculas e dos íons no suco da planta.

4.2.1.7 Silos experimentais

As silagens foram confeccionadas em silos experimentais constituídos de baldes plásticos com 20 L de capacidade, providos de tampas contendo uma válvula do tipo *Bunsen* para quantificação dos gases produzidos. Para mensuração do efluente foi adicionado no fundo dos baldes, quantidade conhecida de área seca (2 kg) .

4.2.1.8 Preparo das silagens

Nos tratamentos contemplados com presença de fonte absorvente de umidade, em ambas estações, foram adicionados a forragem úmida 7,5% de PCP. A forragem submetida ao emurchecimento foi recolhida após cinco horas de exposição no campo.

Quanto a inoculação bacteriana, foi utilizado o inoculante ECOSIL[®] Silage Inoculant, fornecedor de cepas de bactérias homoláticas, caracterizadas por *Lactobacillus plantarum*. A fonte de bactérias heteroláticas, representada por cepas de *Lactobacillus buchneri* proveio do inoculante fornecido pela Biotai[®] Ltda.

As doses e a forma de aplicação seguiram as recomendações técnicas dos fabricantes, tendo sido adicionado $1,0 \times 10^5$ e $3,6 \times 10^5$ UFC viáveis/g de forragem úmida, de *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente.

Os procedimentos adotados no preparo das silagens estão descritos de forma mais detalhada no item 3.2.2.2.4.

4.2.1.9 Abertura dos silos experimentais

Após 90 dias do fechamento, os silos experimentais foram abertos, e submetidos aos seguintes procedimentos:

- Pesagem do silo experimental antes da abertura;
- Amostragem da silagem;
- Pesagem da silagem;
- Pesagem da areia contida no fundo dos silos.

4.2.1.10 Quantificação da produção de efluente

A camada de areia disposta no fundo do balde funcionou como dreno, absorvendo o efluente produzido. Portanto, ao subtrair o peso da areia (após a retirada de toda a silagem), do seu peso original, foi estimada a produção de efluente, a qual foi expressa como quilos de efluente produzidos por tonelada de massa de forragem úmida, conforme descrito pela Equação 1:

$$E = \frac{(PCab - PCfe)}{MFfe} \times 1000 \quad (1)$$

onde:

E = produção de efluente (kg t⁻¹ massa verde);

PCfe = peso do conjunto (balde + areia + tela + pano + tampa) no fechamento (kg);

PCab = peso do conjunto (balde + areia + tela + pano + tampa) na abertura (kg);

MFfe = massa de forragem no momento do fechamento (kg).

4.2.1.11 Quantificação da produção de gases

A quantificação dos gases produzidos é uma prática relativamente simples, do ponto de vista operacional, entretanto, complexa quanto à interpretação dos dados gerados. A equação 1, preconizada para este cálculo, considera a produção de gases como sendo a diferença entre o peso do silo no fechamento (ensilagem) e no momento da abertura, em função do denominador massa de forragem no fechamento (kg MS).

Deste modo, assume-se que o desaparecimento de um quilograma de peso do balde, representaria um quilograma de gás, o qual seria equivalente a um quilograma de MS, quando esta relação não é tão simples. Em adição, o efluente drenado para areia seca também não é considerado neste cálculo, pois considera o peso do balde cheio na abertura, menos o peso do conjunto na abertura (contém a área acrescida de efluente).

Uma modificação desta equação foi proposta por Schmidt (2006), a qual adota o peso do conjunto no fechamento (balde + tampa + areia + tela + pano), tanto para o cálculo da massa de forragem (kg MS) no fechamento quanto na abertura. Sendo assim, assume-se que o teor de MS do efluente é semelhante ao da massa de forragem, quando se sabe que este teor é inferior.

Esta pequena diferença poderia ser resolvida com a quantificação do teor de MS do efluente. Esse efeito do efluente nas perdas por gases é minimizado, quando as espécies forrageiras são ensiladas com teores de MS mais elevados.

A maior contribuição da equação modificada esta no fato de não subestimar as perdas por gases, tendo em vista que ao confrontar a recuperação de MS com os valores obtidos para produção de gases (em % MS), ou com as perdas totais de MS (caso seja conhecido o teor de MS do efluente) os resultados se aproximam do valor de 100%.

Por essas razões, as perdas por gases foram calculadas pela equação modificada (Equação 2) e os valores expressos como porcentagem da massa de forragem seca acondicionada nos silos:

$$G = \frac{[(PBfe - PCfe) \times MSfe] - [(PBab - PCfe) \times MSab]}{[(PBfe - PCfe) \times MSfe]} \times 1000 \quad (2)$$

onde:

G = perdas por gases (% MS);

PBfe = peso do balde cheio no fechamento (kg);

PBab = peso do balde cheio na abertura (kg);

PCfe = peso do conjunto (balde + areia + tela + pano + tampa) no fechamento (kg);

MSfe = Teor de MS da forragem no momento do fechamento (%);

MSab = Teor de MS da silagem no momento da abertura (%).

4.2.1.12 Determinação da recuperação de matéria seca

A recuperação de MS foi obtido pelo quociente entre a quantidade de MS recuperada dos baldes (abertura) e a quantidade de MS inicialmente acondicionada nos baldes (fechamento), sendo expressa em porcentagem, conforme descreve a Equação 3.

$$RMS = \left(\frac{MF_{ab} \times MS_{ab}}{MF_{fe} \times MS_{fe}} \right) \times 100 \quad (3)$$

onde:

RMS = recuperação de MS (%);

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento (kg);

MS_{fe} = teor de MS da forragem no fechamento (%);

MF_{ab} = massa de forragem na abertura (kg);

MS_{ab} = teor de MS da silagem na abertura (%).

4.2.1.13 Coleta de amostras

Após a abertura dos silos, uma camada de silagem de aproximadamente 15 cm foi desprezada, evitando que a área contaminada por fungos e leveduras fosse amostrada. Ao se atingir o centro geométrico dos baldes, amostras foram coletadas para as análises de Aw, CE, pH e tamanho de partículas. Imediatamente após serem obtidas, as amostras designadas às análises de granulometria e pH foram acondicionadas em sacos de plástico e armazenadas em congelador (-5 °C). O mesmo procedimento não foi adotado as amostras designadas às análises de Aw e CE, pois o congelamento resultaria na ruptura do conteúdo celular das células, o que comprometeria tais análises.

4.2.1.14 Determinação da atividade de água

O equipamento utilizado para esta mensuração foi o medidor de Aw, modelo Novasina ms 1, marca Defensor[®]. Para calibração do equipamento, uma célula de padronização foi inserida no sensor de leitura do mesmo. A amostra de forragem ou silagem (25 gramas) foi acondicionada em recipiente de plástico com orifício na tampa, o que permitiu a introdução do sensor do aparelho e como resultado a leitura da amostra.

4.2.1.15 Determinação da condutividade elétrica

O equipamento utilizado para esta mensuração foi o condutivímetro da marca Digimed[®], modelo CD-20. A leitura da CE pelo equipamento é uma tentativa de reproduzir as perdas de conteúdo intracelular, como resultado dos tratamentos impostos a forragem.

A metodologia empregada foi proposta por (KRAUS et al., 1997). Em 25 gramas de amostra foram adicionados 300 mL de água deionizada e após um minuto de agitação, a forragem foi filtrada e a solução resultante submetida a leitura. Esse método faz uma determinação indireta do volume de líquido intracelular (eletrólitos) liberado pela picagem da forragem, como resultado do fluído celular extravasado pelo rompimento de tecido vegetal.

4.2.1.16 Determinação do pH e do poder tampão

O pH foi medido com o uso do potenciômetro digital modelo, DM 20, marca Digimed[®], seguindo método proposto por Kung Jr. et al. (1984). Para preparação do extrato aquoso, 25 g de amostra descongelada foi adicionada em 225 mL de água deionizada, e durante um minuto foram processados em liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymssen[®]. Na seqüência o extrato gerado foi submetido à leitura.

Para determinação do poder tampão da forragem, 20 gramas de amostra úmida foram adicionadas em 250 mL de água destilada, sendo processados em liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymssen®. As medições do pH requeridas para esta mensuração foram realizadas com o uso do potenciômetro digital modelo, DM 20, marca Digimed®.

O extrato aquoso gerado foi então titulado primeiramente para pH 3,0 com HCl (0,1N) para liberar de bicarbonatos e CO₂, e então titulada para pH 6,0 com NaOH (0,1N), conforme o protocolo proposto por Playne e McDonald (1966). O extrato foi expresso como equivalente miligrama de base requerida para elevar o pH de 4,0 a 6,0 por 100 g de MS, como descrito nas Equações 4 e 5.

$$n^{\circ} \text{ e.mg} = N \times V \quad (4)$$

onde:

$n^{\circ} \text{ e.mg}$ = número de equivalente miligrama

N = normalidade

V = volume de solução de NaOH (mL)

$$n^{\circ} \text{ e.mg}/100\text{gMS} = \frac{(n^{\circ} \text{ e.mg} \times 100 \times 100)}{P_a \times \text{MS}} \quad (5)$$

onde:

$n^{\circ} \text{ e.mg}$ = número de equivalente miligrama por 100 gramas de matéria seca

P_a = peso da amostra (g)

MS = teor de matéria seca da amostra (%)

4.2.1.17 Determinação do tamanho médio de partículas

Para essa mensuração foi utilizado o método da estratificação de partículas “Penn State Particle Size Separator” desenvolvido pela Universidade da Pensilvânia (LAMMERS; BUCKMASTER; HEIRINCHS, 1996). Por não ter sido desenvolvida para a avaliação de gramíneas tropicais, houve a necessidade de se introduzir uma terceira

peneira contendo orifícios com 38 mm de diâmetro (MARI e NUSSIO, 2002). O conjunto representado por quatro peneiras representam orifícios com 38 mm, 19 mm, 7,8 mm de diâmetro e fundo cego, respectivamente.

Após a agitação do conjunto (40 movimentos executados com as mãos), a quantidade de forragem retida em cada peneira foi mensurada, possibilitando o cálculo da proporção de material retido nas peneiras e do tamanho médio de partículas, conforme descrito pela Equação 6.

$$TP = \frac{[(\%P4 \times M4) + (\%P3 \times M3) + (\%P2 \times M2) + (\%P1 \times M1)]}{100} \quad (6)$$

onde:

- TP = tamanho médio de partículas (mm)
- %P4 = percentual de forragem retido na peneira superior (38 mm)
- M4 = partículas com tamanho médio de 56 mm (38 – 75 mm)
- %P3 = percentual de forragem retido na peneira intermediária (19 mm)
- M3 = partículas com tamanho médio de 28,5 mm (19 – 38 mm)
- %P2 = percentual de forragem retido na peneira inferior (7,8 mm)
- M2 = partículas com tamanho médio de 13,4 mm (7,8 – 19 mm)
- %P1 = percentual de forragem retido na caixa de fundo cego
- M1 = partículas com tamanho médio de 3,9 mm (< 7,8 mm)

4.2.1.18 Determinação da estabilidade aeróbia

A estabilidade aeróbia das silagens, expressa em horas, foi avaliada pelo monitoramento da temperatura das silagens expostas ao ar, segundo método adaptado de (KUNG Jr., 2000). Após a abertura dos silos experimentais, uma amostra de silagem de aproximadamente 3,0 kg foi transferida, sem compactação, para baldes de plástico sem tampa, com três repetições por tratamento. Os mesmos foram mantidos em temperatura ambiente, em local coberto, durante 215 e 309 horas para as silagens

confeccionadas no inverno e verão, respectivamente. A diferença de 94 horas (quatro dias) dias foi ocasionada pela maior estabilidade apresentada pela silagem de verão, o que estendeu o número de observações.

Com o auxílio de termômetros posicionados no centro geométrico da massa de silagem, as temperaturas foram medidas duas vezes ao dia (08:00 e 17:00 horas). O término da estabilidade aeróbia foi definido como sendo o momento em que a temperatura das silagens excedeu 2°C a temperatura referência, sendo esta a temperatura da água, que foi acondicionada em uma caixa de isopor. A finalidade de se medir a temperatura da água foi assegurar menor variação, pois esta representa com maior fidelidade o comportamento da temperatura ambiente ao longo do dia.

Com o objetivo de complementar tal avaliação, nos mesmos horários definidos para mensuração da temperatura, foi realizada a pesagem dos baldes para quantificação das perdas em aerobiose. Nos tempos 0, 96 e 215 horas (silagem de inverno) e 0, 104 e 200 horas (silagem de verão) foram coletadas amostras de silagem, no centro geométrico dos baldes, para determinação do teor de MS. Portanto, os dados coletados permitiram inferir valores de perdas de MS durante a exposição da silagem ao ambiente.

A mensuração das temperaturas durante todo período de estabilidade, possibilitou a quantificação do acúmulo da diferença média entre a temperatura das silagens expostas ao ar e a temperatura referência, conforme descrito pela Equação 7.

$$ADITE = [(TS1 - TR1) + (TS2 - TR2) + \dots + (TS10 - TR10)] \quad (7)$$

onde:

ADITE= acúmulo da diferença média entre a temperatura das silagens e referência (°C)

TS1 = temperatura da silagem no primeiro dia de avaliação

TR1 = temperatura referência no primeiro dia de avaliação

TS10 = temperatura da silagem no décimo dia de avaliação

TR10 = temperatura referência no décimo dia de avaliação

4.2.1.19 Análise estatística dos dados

Os dados referentes aos parâmetros físicos e estabilidade aeróbia foram analisados pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS[®], versão 8.02 para Windows[®] (SAS, 2001), por se tratar de um delineamento experimental inteiramente casualizado, disposto em um arranjo fatorial.

A discussão dos resultados foi realizada com base na interação tripla (desde que houvesse significância dos efeitos isolados). Na ausência desta, a discussão foi pautada nas interações duplas, que quando ausentes, cedeu lugar aos efeitos isolados.

Antecedendo o desdobramento das interações, foi utilizado o recurso SLICED do programa SAS, para verificar a existência ou não de significância entre os efeitos e interações duplas.

Para efeito de comparação de médias entre tratamentos foi utilizado o teste de média dos mínimos quadrados (LS MEANS), com nível de significância de 5%.

4.2.2 Resultados e Discussão

Como descrito no capítulo anterior, alguns fatores não considerados como tratamentos, atuaram decisivamente nos resultados obtidos, o que se traduziu em algumas variações dos parâmetros físicos e das perdas de MS das silagens confeccionadas no inverno. Dentre esses fatores, a idade de rebrotação foi considerada importante.

A interferência destes fatores propiciou alguns resultados interessantes e que, em alguns casos, diferiu consideravelmente de outros trabalhos relatados na literatura.

Os valores médios das variáveis avaliadas estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Estatística descritiva das variáveis referentes aos parâmetros físicos e estabilidade aeróbia das silagens

Variáveis ¹	Valor	CV	Valores		Efeitos ²			Interações			
	Médio	(%)	Mínimo	Máximo	Um	Ino	Est	UmxIno	UmxEst	InoxEst	UmxInoxEst
MS, %	46,5	3,8	20,4	85,4	*	ns	*	ns	*	**	ns
Partícula, mm	46	4,6	40	53	*	ns	*	ns	*	ns	**
DMV, kg/m ³	325	5,1	149	485	*	ns	*	ns	*	ns	ns
DMS, kg/m ³	128	6,5	93	155	*	**	*	ns	*	ns	ns
pH	5,2	2,3	4,3	7,5	*	*	*	*	*	*	*
Aw	86,0	1,2	82,7	87,6	*	ns	*	ns	*	ns	ns
CE, mS/cm	1,10	5,7	0,61	1,70	*	*	*	ns	*	**	**
Gases, % MS	6,9	31,2	2,1	13,9	*	**	*	*	*	*	*
Efluente, kg/t MV	2,8	59,6	0,0	16,8	*	ns	*	ns	*	ns	ns
RMS, % MS	92,8	2,3	84,7	97,9	*	**	*	*	*	*	*
EA, horas	188	32,1	53	309	*	ns	*	ns	*	ns	ns
Tmáxima, °C	26,0	3,1	22,7	32,0	ns	ns	*	**	*	ns	*
TTmáxima, horas	157	24,1	86	200	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
ADITE (0-100 h)	-2,2	124	-8,7	6,3	ns	ns	*	ns	**	ns	ns
ADITE (0-200 h)	-3,1	213	-16,3	12,3	ns	ns	*	ns	*	**	*
Perdas MS, 0-100h	5,1	15,2	2,8	6,5	*	ns	ns	ns	*	ns	*
Perdas MS, 0-200h	8,7	12,6	4,6	11,3	*	ns	ns	ns	*	ns	*

¹ DMV – Densidade da MV; DMS – Densidade da MS; Aw – Atividade de água; CE – Condutividade elétrica; RMS – Recuperação de MS, EA – Estabilidade aeróbia; Tmáxima – Temperatura máxima; TTmáxima – Tempo para atingir a temperatura máxima; ADITE - acúmulo da diferença média entre a temperatura das silagens e referência durante 100 e 200 horas de exposição aeróbia.

² Teores de Umidade (Matéria verde ou Emurchecimento ou Adição PCP); Inoculantes (Ausente ou *L. plantarum* ou *L. buchneri*); Estações do Ano (Verão e Inverno)

* (p<0,01); ** (p<0,05); ns – não significativo.

4.2.2.1 Valores de pH

Os resultados relativos ao valor médio do pH das silagens estão descritos na Tabela 20. Pelo fato de ter havido interação tripla para este parâmetro, a discussão dos resultados será pautada nos valores mais significativos, uma vez que para a maioria das interações duplas, não houve diferença entre os tratamentos.

A amplitude de variação dos valores de pH foi observada no inverno, quando a silagem emurhecida, não inoculada e a acrescida de PCP e inoculada com *L. plantarum* apresentaram valores de 7,5 e 4,3, respectivamente. Apesar destes terem sido superiores aos preconizados na literatura para a silagem de milho, com exceção das silagens emurhecidas no inverno, não diferiram da maioria dos trabalhos que avaliaram silagens de gramíneas tropicais (CRESTANA et al., 2001; IGARASI, 2002 e MARI, 2003).

Tabela 20 – Valores de pH das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	Estação do ano			
	Verão		Inverno	
Controle (Não emurhecida)	4,7 ^{cdB}	(0,1)	4,9 ^{cA}	(0,1)
Controle + <i>L. buchneri</i>	4,7 ^{cd}	(0,1)	4,8 ^{cd}	(0,1)
Controle + <i>L. plantarum</i>	4,7 ^d	(0,1)	4,5 ^e	(0,1)
Emurhecida	5,0 ^{abB}	(0,1)	7,5 ^{aA}	(0,1)
Emurhecida + <i>L. buchneri</i>	5,0 ^{aB}	(0,1)	7,0 ^{bA}	(0,1)
Emurhecida + <i>L. plantarum</i>	5,0 ^{aB}	(0,1)	7,4 ^{aA}	(0,1)
Com Polpa Cítrica	4,9 ^{abc}	(0,1)	4,7 ^d	(0,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	4,9 ^{abA}	(0,1)	4,5 ^{eB}	(0,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	4,8 ^{bcdA}	(0,1)	4,3 ^{fB}	(0,1)
Média	4,9	(0,1)	5,5	(0,1)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

As silagens confeccionadas no inverno apresentaram valor médio de pH (5,5) maior que aquelas confeccionadas no verão (4,9). Resultado oposto foi observado por

Igarasi (2002), ao ensilar o capim Tanzânia. A prática do emurchecimento, no inverno, elevou o teor médio de MS das silagens para 84,7%.

Estes altos teores de MS propiciaram a restrição do crescimento bacteriano, devido a redução da água livre disponível ao processo fermentativo, o que somado aos baixos teores de CHOs desta forragem, produziu um quadro que se mostrou resistente ao abaixamento do pH.

O desdobramento da interação teor de umidade x inoculante, no verão, não mostrou efeito dos inoculantes, fato observado no inverno. Coan et al. (2001), ao analisar os valores de pH das silagens de capins do gênero *Panicum*, não observaram redução deste parâmetro, estando o inoculante bacteriano-enzimático presente (4,9) ou ausente (4,9).

Resultados também compartilhados por Ranjit e Kung Jr. (2000) e Igarasi (2002) ao avaliarem silagens de milho e de capim Tanzânia, respectivamente. É provável que a ausência de resposta positiva a inoculação seja justificada pela suficiência de bactérias lácticas epífitas na forragem ensilada no verão.

No entanto, as silagens de inverno inoculadas com *L. plantarum* foram acompanhadas de menores teores de pH, com exceção daquelas submetidas ao emurchecimento. A não resposta destas bactérias em reduzir os valores de pH, nesta condição, se deve a ausência de substratos fermentescíveis destas silagens, o que foi discutido no capítulo 3.

Nas silagens não emurchecidas e acrescidas de PCP, os valores de pH foram inferiores na presença de *L. plantarum*, visto que a estas bactérias foi disponibilizado CHOs e maiores teores de MS, o que culminou em maior capacidade fermentativa e maior síntese de ácido láctico. Pelo alto poder de dissociação deste ácido, estas silagens apresentaram menores valores de pH.

As cepas de *L. buchneri* também propiciaram a redução do pH das silagens emurchecidas e acrescidas de PCP. Provavelmente, a participação da PCP propiciou os mesmos efeitos para as bactérias heteroláticas, melhorando as condições de fermentação. Kung Jr. e Ranjit (2001) constataram que as silagens de cevada (39,4% MS) inoculadas com cepas de *L. buchneri* ou *L. plantarum*, na presença de enzimas, apresentaram menores valores de pH (4,5 e 4,1, respectivamente) quando comparadas

à silagem não inoculada (4,7). Este fato sugere que a ação de *L. buchneri* é mais efetiva quando o teor de MS da silagem é superior a 35%.

O desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano destacou o emurchecimento como tratamento mais efetivo em dificultar a redução do pH, em ambas estações. O comportamento apresentado pela adição de PCP foi semelhante, com exceção do inverno, visto ter reduzido os valores de pH das silagens.

Crestana et al. (2001), ao estudarem o comportamento fermentativo das silagens com 0% (20% MS), 5% (23,5% MS) e 10% de PCP (28,3%), observaram valores de pH de 5,4, 4,9 e 4,8, os quais são semelhantes aos valores apresentados no presente experimento. Os maiores teores de CHOs propiciaram aumento da relação CS:poder tampão, o que, de acordo com MUCK (1988) favoreceria a redução dos valores de pH das silagens.

Após adicionar diferentes quantidades de PCP ao capim Coastcross com 49 dias de rebrotação, Evangelista et al. (2001) verificaram que a presença desta fonte de CHOs não reduziu o pH das silagens. O mesmo comportamento foi observado no presente trabalho nas silagens de verão, pois ao adicionar PCP ao capim Marandu, o teor de MS das silagens elevou-se apenas para 24,5% e, o que pode ter dificultado a redução dos valores de pH dessas silagens.

McDonald, Henderson e Heron (1991) ressaltaram que silagens de capins submetidas ao emurchecimento, ou mesmo aquelas contendo aditivos, como a PCP, podem apresentar altos valores de pH, uma vez que a inibição da atividade de microrganismos ocorre em função do aumento da pressão osmótica. Esta afirmação é compartilhada por Vilela (1998), segundo o qual silagens emurchecidas poderiam apresentar valores de pH relativamente altos (maiores que 4,5), visto que o valor de pH elevado, nem sempre se traduz em silagem de valor nutritivo inferior. Os resultados obtidos no presente experimento concordam com estes autores.

Os resultados também estão de acordo com aqueles obtidos por Castro et al. (2001), uma vez que a elevação dos teores de MS do capim Tifton 85 para 25, 45 e 65%, com a prática do emurchecimento, resultou em valores de pH de 5,4, 5,6 e 6,3, respectivamente.

4.2.2.2 Tamanho médio de partícula

Para esta avaliação foi adotada uma adaptação do método proposto por Lammers, Buckmaster e Heirinchs (1996), no qual foi adicionada uma terceira peneira com orifícios de maior diâmetro (38 mm). Os resultados relativos ao tamanho médio de partículas das silagens encontram-se na Tabela 21.

Os tamanhos de partículas variaram de 39 mm (silagem com PCP, não inoculada) a 53 mm (silagem não emurhecida, inoculada com *L. buchneri*), ambas confeccionadas no verão. McDonald, Henderson e Heron (1991) ressaltaram que para tamanho de partículas inferior a 20-30 mm, poderia haver efeitos positivos sobre a disponibilidade de CHOs e, conseqüentemente, estímulo ao crescimento de bactérias lácticas. No entanto, em silagens com baixos teores de MS, a redução no tamanho médio de partículas pode resultar no aumento da Aw e na maior produção de efluente (BALSALOBRE et al., 2001).

Os valores encontrados no presente experimento estão próximos aos de Lavezzo (1985), que preconizou tamanho médio de partículas da ordem de 30 a 50 mm, para confecção de silagens, o que propiciaria compactação favorável, premissa básica para o estabelecimento de um ambiente anaeróbio.

As silagens confeccionadas no verão apresentaram o maior tamanho médio de partículas (48 mm). Este resultado não concorda com o obtido por Mari (2003), que não observou efeito da estação do ano para esta variável. Segundo este autor, o incremento do tamanho médio de partículas, em função do maior intervalo de cortes, propiciou seu aumento numérico, o que seria justificado pela resistência à picagem da massa de forragem, promovida pela maior participação de colmos e, conseqüentemente, pelo aumento nos teores das frações fibrosas.

Tabela 21 – Condutividade elétrica e tamanho de partículas das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	CE		Tamanho de Partícula	
	mS/cm		mm	
Verão				
Controle (Não Emurchecida)	1,33 ^{cA}	(30,5)	52 ^{aA}	(1,0)
Controle + <i>L. buchneri</i>	1,22 ^{dA}	(30,5)	53 ^{aA}	(1,0)
Controle + <i>L. plantarum</i>	1,18 ^{dA}	(30,5)	52 ^{aA}	(1,0)
Emurchecida	1,62 ^{aA}	(30,5)	51 ^{abA}	(1,0)
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	1,70 ^{aA}	(30,5)	49 ^{bcA}	(1,0)
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	1,52 ^{bA}	(30,5)	49 ^{bcA}	(1,0)
Polpa Cítrica	1,17 ^{deA}	(30,5)	39 ^{eB}	(1,0)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	1,20 ^{dA}	(30,5)	47 ^{cA}	(1,0)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	1,10 ^{eA}	(30,5)	44 ^d	(1,0)
Média	1,33	(10,2)	48	(0,4)
Inverno				
Controle (Não Emurchecida)	0,88 ^{abB}	(30,5)	47 ^{aB}	(1,0)
Controle + <i>L. buchneri</i>	0,93 ^{aB}	(30,5)	47 ^{aB}	(1,0)
Controle + <i>L. plantarum</i>	0,84 ^{abB}	(30,5)	45 ^{abB}	(1,0)
Emurchecida	0,67 ^{cB}	(30,5)	42 ^{cB}	(1,0)
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	0,62 ^{cB}	(30,5)	42 ^{cB}	(1,0)
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	0,61 ^{cB}	(30,5)	40 ^{cB}	(1,0)
Polpa Cítrica	0,93 ^{aB}	(30,5)	43 ^{bcA}	(1,0)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	0,92 ^{abB}	(30,5)	42 ^{cB}	(1,0)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	0,96 ^{aB}	(30,5)	42 ^c	(1,0)
Média	0,82	(10,2)	43	(0,4)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

O desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano mostrou que tanto a prática do emurhecimento quanto à adição de PCP contribuíram para redução do tamanho médio de partículas das silagens de verão e inverno, sendo os menores valores atribuídos a presença da PCP. Crestana et al. (2001) também observaram redução deste parâmetro em silagens acrescidas de PCP, o que maximizou o processo

de fermentação. Os menores tamanhos médios de partículas podem ser atribuídos ao menor tamanho apresentado pelos peletes deste aditivo.

O maior tamanho médio de partículas das silagens não emurhecidas (49 mm) quando comparadas àquelas submetidas ao emurhecimento (45 mm), poderia ser justificado pela possível limitação do método proposto por Lammers, Buckmaster e Heirinchs (1996), quando o conjunto de peneiras é utilizado em gramíneas tropicais com maior teor de umidade.

Neste caso, pode ter havido maior sobreposição de partículas, o que dificultou a estratificação do material pelos orifícios da peneira. Loures (2004) verificou o mesmo comportamento ao submeter à silagem de capim Tanzânia emurhecida e não-emurhecida a este método.

A análise da interação teor de umidade x inoculante permite considerar que a inoculação bacteriana não alterou o tamanho médio de partículas. Este fato era esperado, visto que as bactérias ácido lácticas exercem pouca influência sobre a fração fibrosa do alimento. A exceção foi observada na silagem de verão acrescida de PCP, não havendo justificativa plausível, do ponto de vista biológico, para este resultado.

4.2.2.3 Condutividade elétrica

Os resultados referentes à CE das silagens estão descritos na Tabela 21. Os valores de CE variaram de 0,61 mS/cm (silagem emurhecida, inoculada com *L. plantarum* no inverno) a 1,70 mS/cm (silagem emurhecida, inoculada com *L. buchneri* no verão)

O valor médio de CE das silagens de verão (1,33 mS/cm) foi superior ao das silagens de inverno (0,82 mS/cm). Caso este resultado fosse avaliado somente em função da estação do ano, estaria em oposição aos relatos de Mari (2003), cujo valor médio de CE das silagens de inverno foi maior que o àquelas de verão (1,26 e 0,91 mS/cm, respectivamente).

Porém, é necessário ressaltar que a forragem que originou as silagens de inverno foi colhida com idade de rebrotação mais avançada e, provavelmente, teve maior participação percentual de material senescente, o que justificaria os menores

valores de CE. O menor teor de cinzas presente nas silagens de inverno (capítulo 3) é mais um fator que poderia explicar os menores valores da CE desses tratamentos. MARI (2003) observou redução no valor de CE com o prolongamento do intervalo de cortes, em ambas estações.

No desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano, o emurhecimento mostrou-se como tratamento mais efetivo em elevar o valor médio de CE das silagens de verão (1,61 mS/cm). As silagens não emurhecidas ou acrescidas de PCP apresentaram valor médio de CE de 1,24 e 1,15 mS/cm, respectivamente. IGARASI (2002), ao submeter o capim Tanzânia aos mesmos tratamentos (emurhecimento e adição de PCP) observou comportamento semelhante (1,89 e 1,75 mS/cm, respectivamente).

O emurhecimento foi responsável pelo maior extravasamento do conteúdo celular, em decorrência de maior ruptura da membrana. Castro et al. (2001) e Loures (2004) também constataram acréscimos nos valores de CE, em decorrência do aumento dos teores de MS. A mesma prática no inverno apresentou comportamento oposto, visto que as silagens emurhecidas apresentaram os menores valores médios de CE (0,63 mS/cm), tendo sido acompanhadas pelas silagens não emurhecidas (0,88 mS/cm) e acrescidas de PCP (0,94 mS/cm). Partindo da premissa de que para haver liberação do conteúdo celular é necessária a sua presença na célula, os baixos valores de CE das silagens de inverno, emurhecidas, podem ser justificados pelo menor conteúdo celular, o qual foi constatado pelos menores teores de CHOs e PB, bem como pelos altos teores das frações fibrosas verificados e discutidos no capítulo 3.

Analisando a ação da inoculação bacteriana nos diferentes teores de umidade, verificou-se que as silagens de verão (não emurhecidas e emurhecidas) inoculadas com *L. plantarum* apresentaram redução nos valores de CE quando comparadas a suas respectivas silagens não inoculadas. Igarasi (2002) não observou diferença entre os valores de CE ao ensilar o capim Tanzânia na presença ou ausência de cepas de bactérias homoláticas. Entretanto, Castro et al. (2001) verificaram redução dos valores de CE das silagens de capim do gênero *Cynodon* inoculadas com bactérias homoláticas e enzimas (0,93 mS/cm) quando comparadas a silagem controle (0,84 mS/cm).

Possivelmente, o decréscimo dos valores de CE observado nas silagens inoculadas com bactérias homoláticas no presente experimento, sugere maior aproveitamento do conteúdo celular liberado pela lise da membrana celular, o que teria disponibilizado mais substrato para seu crescimento, o que, em última análise, poderia ser justificado pelo menor valor de pH observado nas silagens inoculadas com *L. plantarum*.

4.2.2.4 Atividade de água

O cálculo da A_w foi realizado com base na fórmula proposta por Greenhill (1964), na qual o crescimento das bactérias do gênero *Clostridium* pode ser explicado por este parâmetro. A A_w em uma amostra é mensurada em termos da umidade relativa da pressão de vapor, sendo determinada pela relação da constante c , expressa pelo peso das moléculas e dos íons no suco da planta, assim como a umidade contida no material (m) ($\text{g H}_2\text{O/g MS}$), podendo ser observada pela Equação 8.

$$A_w = 1 - \frac{c}{m} \quad (8)$$

Após ter se dedicado a determinação do valor da constante (c) para uma grande diversidade de plantas, Greenhill (1964) obteve valores da ordem de 0,02 a 0,04 (para azevém) e de 0,03 a 0,05 (para trevo e alfafa). Igarasi (2002), ao aplicar a mesma fórmula para o capim Tanzânia obteve valores superiores para esta constante (0,08 a 0,13), sugerindo a maior somatória da carga iônica e maior peso das moléculas das forrageiras tropicais quando comparadas às espécies de clima temperado.

No presente experimento, os valores da constante para as silagens de inverno variaram de 0,03 a 0,13. Entretanto, os valores apresentados pelas silagens de verão (0,19 a 0,49) foram muito superiores aos citados por Greenhill (1964) e Igarasi (2002).

Os resultados relativos à A_w das silagens estão apresentados na Tabela 22. A silagem de inverno (emurhecida e inoculada com *L. buchneri*) e a silagem de verão

(não emurchecida e não inoculada) representaram a amplitude dos valores de A_w (0,84 e 0,88 respectivamente).

O estudo da interação teor de umidade x estação do ano mostrou que as silagens de verão apresentaram valor médio de A_w superior àquele apresentado pelas silagens de inverno (0,87 e 0,85 respectivamente). Este resultado poderia ser justificado pelo teor médio de MS das silagens de verão (28,6%), os quais foram bem inferiores aos das silagens de inverno (64,3%).

Ao realizar o emurchecimento do capim Tifton 85, Castro et al. (2001) relataram comportamento semelhante, uma vez que observaram valores de A_w de 0,84, 0,76 e 0,71, para teores de MS de 25%, 45% e 65%, respectivamente. MARI (2003), não observou efeito do intervalo de cortes sobre os valores de A_w das silagens de capim Marandu, que variaram de 0,84 a 0,88, mesma amplitude de variação observada no presente experimento.

Tabela 22 – Atividade de água e produção de efluente das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	Aw		Efluente Kg/t MV	
Verão				
Não Emurchecida	0,87 ^A	(0,29)	16,0 ^{aA}	(0,5)
Emurchecida	0,87 ^A	(0,29)	0,0 ^b	(0,5)
Com Polpa Cítrica	0,87 ^A	(0,29)	0,8 ^b	(0,5)
Média	0,87	(0,17)	5,6	(0,3)
Inverno				
Não Emurchecida	0,85 ^{bB}	(0,29)	0,0 ^B	(0,5)
Emurchecida	0,84 ^{cB}	(0,29)	0,0	(0,5)
Com Polpa Cítrica	0,86 ^{aB}	(0,29)	0,0	(0,5)
Média	0,85	(0,17)	0,0	(0,3)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Os valores de A_w observados no verão, tanto das silagens emurchecidas (40,7% MS) quanto daquelas acrescidas de PCP (24,5% MS), não diferiram das silagens não

emurhecidas (20,7% MS). É importante ressaltar que a elevação em 20 unidades percentuais no teor de MS, não foi suficiente para redução dos valores de A_w . Tal fato poderia ser justificado pela maior quantidade de carga iônica e peso das moléculas apresentadas por essas silagens, o que permitiu maior teor de umidade, sem que isto acarretasse em alteração da A_w .

Partindo deste princípio, é possível inferir que as silagens com menor teor de MS não foram acompanhadas de maior quantidade de água livre disponível ao crescimento de microrganismos indesejáveis, principalmente os do gênero *Clostridium* sp. Porém, as avaliações dos AGV e $N-NH_3$ realizadas no capítulo 3, demonstraram que as silagens com menor teor de umidade, provavelmente foram alvo dessas bactérias. Os dois tratamentos utilizados com a finalidade de elevar o teor de MS foram efetivos em reduzir fermentações indesejáveis.

Portanto, mesmo não tendo havido diferença entre os diferentes teores de umidade para este parâmetro, no verão, houve limitação de fermentações secundárias nas silagens tratadas. A literatura reporta que o crescimento das bactérias do gênero *Clostridium* pode ser explicado por valores de A_w superiores a 0,94.

De acordo com Leitão (1997), para que o crescimento de fungos, leveduras e bactérias seja representativo, deve-se esperar valores de A_w acima de 0,80, 0,88 e 0,90, respectivamente. No presente experimento, os valores de A_w requeridos para crescimento satisfatório de leveduras e bactérias não foi disponibilizado, o que não impediu a presença destas bactérias.

No inverno, a adição de PCP elevou os valores de A_w (0,86), comportamento oposto ao observado pela prática do emurhecimento (0,84). Os resultados referentes à adição de PCP não eram esperados e discordam dos relatos de Bernardes (2003), que salientou o efeito benéfico causado pela elevação da MS e diminuição dos valores de A_w das silagens na presença de PCP.

4.2.2.5 Densidade

Os resultados relativos às DMV e DMS das silagens encontram-se na Tabela 23. Os valores da DMV variaram de 149 kg/m³ (silagem emurhecida e inoculada com *L.*

plantarum, no inverno) a 485 kg/m³ (silagem não emurchecida e não inoculada, no verão), enquanto os valores da DMS variaram de 93 kg/m³ (silagem não emurchecida e inoculada com *L. buchneri*, no verão) a 155 kg/m³ (silagem com PCP e não inoculada, no inverno).

Tabela 23 – Densidade da matéria verde e da matéria seca das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	DMV		DMS	
	----- kg/m ³ -----			
Verão				
Não Emurchecida	471 ^{aA}	(5,0)	97 ^{cB}	(2,0)
Emurchecida	317 ^{bA}	(5,0)	129 ^a	(2,0)
Com Polpa Cítrica	459 ^{aA}	(5,0)	113 ^{bB}	(2,0)
Média	416	(3,0)	113	(1,0)
Inverno				
Não Emurchecida	255 ^{bB}	(5,0)	143 ^{bA}	(2,0)
Emurchecida	154 ^{cB}	(5,0)	131 ^c	(2,0)
Com Polpa Cítrica	294 ^{aB}	(5,0)	154 ^{aA}	(2,0)
Média	234	(3,0)	143	(1,0)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si (P>0,05).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si (P>0,05).

As silagens de verão, com teor médio de MS de 28,6%, apresentaram valor médio de DMV de 416 kg/m³, enquanto as silagens de inverno, com 64,3% de MS, apresentaram valor bem inferior (234 kg/m³). Este resultado confirma a expectativa, pois os teores elevados de MS apresentados pelas silagens de inverno propiciaram menor compactação do material, o que resultou em menor DMV. Apesar das silagens de inverno terem apresentado valor médio de DMV 77% inferior, seu alto teor médio de MS garantiu que o valor médio de DMS fosse superior ao obtido pela silagem de verão (143 e 113 kg/m³, respectivamente).

O aumento dos valores de DMS com o incremento dos teores de MS é comumente observado na literatura. Ao ensilar o capim Marandu com diferentes idades

de rebrotação, Mari (2003) constatou maior valor de DMV nas silagens de verão (576 kg/m^3) quando comparadas aquelas de inverno (458 kg/m^3). Contudo, os valores observados pelo autor foram muito superiores aos obtidos no presente experimento.

Este fato pode ser atribuído ao maior tamanho médio de partículas (46 mm vs 34 mm) e maior teor médio de MS dessas silagens (46,5% vs 29,2%), o que resultou em menor acomodação da massa ensilada, neste estudo. Ao ensilar o capim Tifton 85 com teores crescentes de MS (25, 35, 45, 55 e 65%), Castro et al. (2001) observou valores de DMV de 364, 373, 368, 344 e 254 kg/m^3 , respectivamente, o que confirma a correlação negativa entre o teor de MS e a DMV.

Em ambas estações, as silagens emurhecidas apresentaram valores de DMV inferiores ao das silagens não emurhecidas e acrescidas de PCP. Comportamento oposto foi constatado nas silagens de verão emurhecidas, quanto aos valores de DMS, visto que os menores valores de DMV foram acompanhados dos maiores teores de MS, o que incrementou esta densidade. Paziani et al. (2003) também observaram redução do valor de DMV do capim Tanzânia em 75 kg/m^3 , após o emurhecimento (535 e 460 kg/m^3 , referentes à silagem não-emurhecida e emurhecida). Ao realizar a mesma prática com a mesma espécie forrageira, Igarasi (2002) constatou redução de 135 kg/m^3 no valor da DMV.

As silagens de inverno acrescidas de PCP apresentaram valores de DMV superiores às aquelas não emurhecidas. Este comportamento foi semelhante ao observado por Rezende et al. (2003), ao ensilarem o capim Elefante com níveis crescentes de PCP (768 kg/m^3 com 10% PCP e 781 kg MV/m^3 com 30% PCP). Ao adicionarem milho ao capim Tanzânia, PAZIANI et al. (2003) não observaram diferença entre a silagem controle (535 kg MV/m^3) e aditivada (505 kg MV/m^3), concordando com os resultados do presente experimento para as silagens de verão acrescidas de PCP.

Os inoculantes bacterianos não propiciaram modificações dos valores de DMV e DMS, o que é compreensível, visto que as bactérias ácido lácticas não foram efetivas em alterar, significativamente, os teores de MS e tamanho médio de partículas, parâmetros diretamente associados à determinação da densidade.

O valor médio de DMV, neste experimento, foi bem inferior àqueles reportados pela literatura, o que é compreensível, tendo em visto que esta variável é afetada por vários fatores, dentre eles, pode-se ressaltar: o tempo de compactação, a taxa de enchimento do silo, a espécie forrageira ensilada, o teor de MS e o tamanho de partículas (BALSALOBRE et al. 2001). Contudo, ao avaliar o valor médio da DMS, os resultados não diferiram, consideravelmente, dos obtidos por outros autores que trabalharam com silagens de gramíneas tropicais (IGARASI, 2002; MARI, 2003 e PAZIANI, et al., 2003).

Balsalobre et al. (2001) observaram que 80 a 90% das partículas de silagens, obtidas pelo uso de equipamentos nacionais, permaneceram retidas na peneira com orifício de 19 mm, o que confere a estas silagens valores de DMS variando de 100 a 150 kg/m³.

Este fato foi comprovado no presente experimento, visto que 81,3% das partículas das silagens permaneceram retidas nos orifícios maiores que 19 mm, reproduzindo silagens com valor médio de DMS de 128 kg/m³. Apesar deste valor ter sido inferior a proposta preconizada por Holmes e Muck (1999), que recomenda 225 kg MS/m³, as silagens de verão apresentaram características químico-bromatológicas aceitáveis.

4.2.2.6 Produção de efluente

Dentre os fatores que afetam a produção de efluente, o teor de MS é o que apresenta maior destaque na literatura. Muitas equações foram desenvolvidas com a finalidade de estimar esta produção em função do teor de umidade do material (HAIGH, 1999; JONES e JONES, 1995 e McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

É importante ressaltar a existência de mais de uma unidade de medida para este parâmetro, o que dificulta a comparação com outros resultados presentes na literatura. Alguns autores adotaram quilos de efluente por tonelada de material ensilado (IGARASI, 2002 e MARI, 2003), enquanto outros utilizaram litros de efluente por tonelada de material ensilado (BERNARDES, 2003; HAIGH, 1999 e LOURES, 2004).

Os resultados referentes à produção de efluente das silagens estão descritos na Tabela 22. A produção de efluente se restringiu a apenas cinco, dos 18 tratamentos, sendo que a silagem não emurcheçada, inoculada com *L. buchneri* no verão apresentou a maior produção (16,8 kg/t de MV).

Independentemente do tratamento empregado às silagens de inverno, não se observou produção de efluente. Ao ensilar a mesma espécie forrageira na mesma estação do ano, Mari (2003) verificou produção de efluente somente em um dos tratamentos, o qual continha o menor teor de MS (produção de 0,6 kg/t de MV para um teor de MS de 30,3%). Igarasi (2002) também constatou pequena produção de efluente para a silagem de capim Tanzânia confeccionada no inverno (7,1 kg/t de MV).

A produção média de efluente registrada no verão foi de 5,6 kg/t de MV, sendo que 95,2% do efluente produzido proveio das silagens não emurcheçadas (16,0 kg/t de MV), cujo teor médio de MS foi de 20,7%. Esta produção foi bem inferior a obtido por Mari (2003), que verificou média de 37,6 kg/t de MV, para as silagens de verão, com teor médio de MS de 19,4%. Apesar dos teores de MS observados nos dois experimentos terem sido muito próximos, isto não se traduziu em produção de efluente semelhante, o que não constitui um fato isolado, visto que Jones e Jones (1995) encontraram vários experimentos mostrando relação imprecisa entre o teor de MS da planta e sua produção de efluente.

Bernardes (2003) ressaltou que além do teor de umidade, a compactação da massa ensilada influencia a quantidade de efluente produzida. Nussio, Paziani e Nussio (2002), ainda sugeriram que a intensificação da compactação, visando a obtenção de maior densidade, propiciaria maior produção de efluente, sendo tal efeito dependente do teor de MS da espécie ensilada.

Ao ensilarem o capim Marandu durante o verão, Bernardes (2003) e MARI (2003) observaram produções de efluente de 109 L/t MV e 37,6 kg/t MV, para valores de DMV de 900 e 576 kg/m³, respectivamente. As produções de efluente e os valores de DMV verificadas por esses autores, são bem superiores ao observado no presente trabalho (16 kg/t de MV e 416 kg MV/m³), ressaltando o efeito exercido pela compactação sobre a produção de efluente nas silagens.

O desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano demonstrou que durante o verão, o emurchecimento e a adição de PCP foram efetivos em reduzir as perdas decorrentes da produção de efluente para zero e 0,8 kg/t de MV, respectivamente. O alto teor médio de MS das silagens emurchecidas (40,7%) justificou a ausência de efluente, enquanto o efluente residual das silagens acrescidas de PCP (0,8 kg/t de MV) poderia ter sido eliminado, caso estas silagens tivessem atingido teor de MS superior a 30%.

Bernardes (2003) também constatou redução significativa na produção de efluente ao adicionar PCP às silagens de capim Marandu, visto que as quantidades de efluente produzidas decresceram de 109 L/t de MV (0% PCP) para 72 (5% PCP) e 18 L/t de MV (10% PCP). Estes resultados comprovam o grande poder absorvente apresentado pela PCP, que segundo Vilela (1998) pode elevar seu peso em até 145% na presença de materiais úmidos.

Os altos teores de MS apresentados pelas silagens de inverno favoreceram a ausência de efluente. Este resultado concorda com McDonald, Henderson e Heron (1991), segundo os quais para forrageiras ensiladas com alto teor de umidade, as perdas de MS por efluente podem exceder a 10%. Contudo, quando os teores de MS variam de 25 a 30%, esta produção pode ser nula ou pouco significativa.

Loures (2004) não verificou produção de efluente nos primeiros 90 dias de avaliação, em silagens de capim Tanzânia submetidas ao emurchecimento. Passados 136 dias, a autora encontrou produção de efluente de 8,7 L/t de MV nas silagens não-emurchecidas (16,7% MS) e de 94 mL/t de MV naquelas emurchecidas (25,7% MS).

As perdas decorrentes da produção de efluente não foram alteradas pela inoculação. Resultados semelhantes foram observados por Igarasi (2002), ao ensilar o capim Tanzânia na presença de inoculante bacteriano e por Loures (2004) ao submeter à mesma espécie forrageira a ação de enzimas fibrolíticas associadas à inoculação bacteriana.

4.2.2.7 Produção de gases e recuperação de matéria seca

Os resultados referentes à produção de gases das silagens estão apresentados na Tabela 24. As perdas por gases variaram de 2,1% MS (silagem emurchecida e não inoculada, no verão) a 13,9% MS (silagem não emurchecida confeccionada no verão).

A perda média de gases observada para as silagens de verão, foi superior ao valor médio encontrado por Igarasi (2002) e Mari (2003), em silagens de gramíneas tropicais, os quais encontraram valores de 5,3% e 4,7% MS, respectivamente. É muito provável que os maiores valores verificados no presente experimento sejam decorrentes da equação utilizada no cálculo, a qual difere da empregada pelos referidos autores.

A equação utilizada passou por uma modificação proposta por Schmidt (2006). A grande contribuição desta equação está no fato de não subestimar as perdas por gases, tendo em vista que ao confrontar a Recuperação de MS com os valores obtidos para produção de gases (em % MS), ou com as perdas totais de MS (caso seja conhecido o teor de MS do efluente) os resultados se aproximam do valor de 100%.

O valor obtido para silagem não emurchecida, no verão, foi próximo ao valor médio observado por Aguiar et al. (2000), nas silagens de capim Tanzânia (14,2% MS), as quais apresentavam diferentes tamanhos médios de partículas e quantidades de PCP. Contudo, as perdas por gases dos 18 tratamentos foram inferiores aos valores relatados por Loures (2004), que verificou produção média de gases de 21,2% MS, em silagens de capim Tanzânia.

Apesar das silagens não emurchecidas terem apresentado o menor teor de MS (20,7%), não foi observado benefício no processo de compactação, o que pode ser comprovado pelos valores de DMV. A alta umidade destas silagens pode ter sido o fator responsável pela maior produção de gases, tendo em vista que estas foram acompanhadas de maiores teores de N-NH₃, C₄ e C₂, que seria resultado de atuação de bactérias do gênero *Clostridium* e enterobactérias.

Tabela 24 – Perdas por gases (% MS) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	Estação do ano			
	Verão		Inverno	
Controle (Não emurhecida)	13,9 ^{aA}	(1,1)	7,4 ^{aB}	(1,1)
Controle + <i>L. buchneri</i>	10,1 ^{bA}	(1,1)	5,4 ^{bB}	(1,1)
Controle + <i>L. plantarum</i>	8,0 ^{bA}	(1,1)	3,1 ^{bB}	(1,1)
Emurhecida	2,1 ^{cB}	(1,1)	7,5 ^{aA}	(1,1)
Emurhecida + <i>L. buchneri</i>	8,6 ^b	(1,1)	8,4 ^a	(1,1)
Emurhecida + <i>L. plantarum</i>	9,1 ^{bA}	(1,1)	4,0 ^{bB}	(1,1)
Com Polpa Cítrica	4,7 ^c	(1,1)	2,8 ^b	(1,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	9,5 ^{bA}	(1,1)	5,3 ^{bB}	(1,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	10,3 ^{bA}	(1,1)	4,4 ^{bB}	(1,1)
Média	8,48	(0,4)	5,36	(0,4)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

As maiores perdas por gases observadas no presente experimento quando comparadas com os resultados obtidos por Igarasi (2002) e Mari (2003), poderiam estar relacionadas ao maior tamanho médio de partículas e ao menor valor de DMV, o que pode ter exercido maior dificuldade de acomodação do material ensilado. Isto somado a provável presença de bactérias do gênero *Clostridium* pode ter propiciado o incremento da produção de gases das silagens de verão.

Apesar do valor médio de DMV apresentado pelas silagens de inverno ter sido bem inferior a das silagens de verão, a menor perda média por gases dessas silagens estaria relacionada aos seus altos teores de MS. Este fato propiciou redução dos valores de Aw, que associado ao possível aumento da pressão osmótica teria impedido o desenvolvimento de *Clostridium sp*, responsáveis por fermentações butíricas.

O desdobramento da interação teor de umidade x estação do ano mostrou que os tratamentos empregados, visando a elevação dos teores de MS, reduziram as perdas médias por gases das silagens de verão (8,2% na presença de PCP e 6,6% quando foram emurhecidas), as quais diferiram daquelas não emurhecida (10,7%). No entanto, o desdobramento mostra que o efeito positivo destas fontes absorventes se

deu nas silagens não inoculadas, visto não terem repetido o mesmo resultado quando estas foram inoculadas.

O resultado observado para as silagens de verão, não inoculadas, corrobora com a constatação de Igarasi (2002), que ao submeter o capim Tanzânia aos mesmos tratamentos, observou menores perdas por gases em silagens emurhecidas (4,6% MS) e acrescidas de PCP (2,9% MS). Ao avaliarem a mesma fonte absorvente em silagens de capim Tanzânia, Aguiar et al. (2000) verificaram redução nas perdas por gases a partir da inclusão de 4,5% de PCP, em base na forragem úmida. Com 15% de PCP na massa ensilada, Igarasi (2002) observou as menores perdas por gases.

A adição desta fonte absorvente e, concomitantemente fornecedora de CHOs, pode ter propiciado o aumento da pressão osmótica e, conseqüentemente, restrição de fermentações indesejáveis, dentre elas, aquela desencadeada por bactérias do gênero *Clostridium* (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). As silagens acrescidas de PCP apresentaram maiores teores de CHOs e de ácido láctico, bem como menor teor de ácido butírico quando comparadas as silagens não emurhecidas. Isto sugere que houve declínio mais acentuado do pH com redução das perdas.

O mesmo raciocínio pode ser aplicado a prática do emurhecimento que, no verão, elevou os teores de MS e a pressão osmótica. Como resultado, pode ter reduzido a extensão da fermentação e a atuação de *Clostridium*, o que pode ser ratificado pelo baixo teor de ácido butírico destas silagens (0,42%).

No inverno, as silagens submetidas à prática do emurhecimento apresentaram comportamento distinto. Houve maior perda por gases nestas silagens (6,6%) quando comparadas com aquelas não emurhecidas (5,3%) ou acrescidas de PCP (4,2%), que não diferiram entre si.

O elevado teor de MS das silagens de inverno emurhecidas acarretaram em grande prejuízo no processo de compactação, o que resultou em silagens no valor médio de DMS de 154 kg/m³. Má compactação é sinônimo de ocorrência de oxigênio residual na massa ensilada, o que pode ter contribuído para atuação de leveduras.

Na análise do desdobramento inoculante x teor de umidade, a inoculação com *L. plantarum* propiciou redução da produção de gases nas silagens não emurhecidas e emurhecidas, confeccionadas no inverno. No verão, ambos inoculantes foram

eficientes em reduzir tais perdas, somente nas silagens não emurchecidas. Igarasi (2002) também observou menores perdas por gases nas silagens de capim Tanzânia submetidas a inoculação bacteriana.

O decréscimo das perdas por gases na presença da inoculação poderia estar relacionada a queda mais acentuada do pH, o que teria inibido a ocorrência de uma fermentação dominada por bactérias do gênero *Clostridium* spp. Esta hipótese não pode ser aplicada as silagens de inverno emurchecidas, visto que os valores de pH foram superiores a 7,0.

As silagens de verão emurchecidas e àquelas acrescidas de PCP apresentaram incremento das perdas quando na presença dos inoculantes bacterianos. Loures (2004) não constatou efeito positivo das enzimas fibrolíticas isoladas ou associadas ao inoculante bacteriano, em reduzir a produção de gases em silagens de capim Tanzânia. De acordo com Balsalobre et al. (2001), não há consistência nas respostas dos inoculantes no controle das perdas por gases em silagens.

De acordo com McDonald, Henderson e Heron (1991), as maiores produções de gases estariam associadas às leveduras, enterobactérias, bactérias do gênero *Clostridium* sp. e bactérias heterofermentativas. Ao inocular a silagem bactérias ácido lácticas (homo ou heterofermentativas) as perdas de MS, resultantes, principalmente, da produção de gases, poderão ser expressivas e dependerão do substrato fermentescível disponível.

Os resultados referentes a recuperação de MS das silagens encontram-se na Tabela 25. Os valores para este parâmetro variaram de 84,7% (silagem não emurchecida, no verão) a 97,9% (silagem emurchecida e não inoculada no verão).

Tabela 25 – Recuperação de matéria seca (%) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Silagem	Estação do ano			
	Verão		Inverno	
Controle (Não emurchecida)	84,7 ^{dB}	(1,1)	92,6 ^{bcA}	(1,1)
Controle + <i>L. buchneri</i>	88,3 ^{cB}	(1,1)	94,6 ^{abcA}	(1,1)
Controle + <i>L. plantarum</i>	90,4 ^{bcB}	(1,1)	96,9 ^{aA}	(1,1)
Emurchecida	97,9 ^{aA}	(1,1)	92,5 ^{bcB}	(1,1)
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	91,4 ^b	(1,1)	91,6 ^c	(1,1)
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	90,9 ^{bcB}	(1,1)	96,0 ^{aA}	(1,1)
Com Polpa Cítrica	95,3 ^a	(1,1)	97,2 ^a	(1,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	90,4 ^{bcB}	(1,1)	94,7 ^{abcA}	(1,1)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	89,6 ^{bcB}	(1,1)	95,6 ^{abA}	(1,1)
Média	91,0	(0,4)	94,6	(0,4)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na linha seguidas de mesmas letras maiúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si ($P>0,05$).

O cálculo da recuperação é determinado em função das perdas decorrentes da produção de efluente e gases. Pelo fato de no presente experimento, a produção de efluente ter sido pouco expressiva, diferentemente do que ocorreu com as perdas por gases, as recuperação de MS se comportaram de modo semelhante ao observado nas perdas por gases. Portanto, naqueles tratamentos caracterizados pela maior perda por gases, a recuperação de MS foi inferior.

O valor médio de recuperação, observado nas silagens confeccionadas no verão, pode ser considerado satisfatório e condizente com os valores que se espera de silagens confeccionadas em silos laboratoriais. As silagens de verão, acrescidas de PCP ou emurchecidas, apresentaram o maior recuperação média de MS (91,7 e 93,8%, respectivamente), as quais diferiram das silagens não emurchecidas (87,8%).

Estes valores se aproximam daqueles obtidos por Paziani (2004), que ao submeter o capim Marandu a adição de milho ou a prática do emurchecimento, verificou silagens com recuperação média de MS de 93,2 e 92,2%, respectivamente, enquanto as silagens controle apresentaram recuperação de 90,6%.

A maior recuperação de MS no inverno poderia ser justificada pelo menor valor nutritivo destas silagens, e por consequência, menor quantidade de substratos disponíveis. Estas silagens foram menos desafiadas ao longo do processo fermentativo quando comparadas àquelas confeccionadas no verão. Portanto, este parâmetro deve ser analisado juntamente com o valor nutritivo das silagens.

A diferença de 3,6 unidades percentuais a favor das silagens de inverno, quanto ao parâmetro recuperação de MS, não justificaria a baixa digestibilidade da MS e a pior composição químico-bromatológica destas silagens, o que pode ser observado no capítulo 3.

4.2.2.8 Estabilidade aeróbia das silagens

Uma vez iniciado o processo de remoção do alimento conservado do silo, o ambiente até o momento hipoteticamente anaeróbio, deixa de sê-lo. Sob esta condição, microrganismos que permaneceram dormentes na ausência de oxigênio, se multiplicam, resultando na deterioração aeróbia das silagens (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A elevação da temperatura, bem como a visualização de mofo são as formas mais comuns de caracterizar deteriorações decorrentes da instabilidade das silagens. Porém, nos últimos anos muitos parâmetros vêm sendo empregados na determinação da estabilidade aeróbia, devido a sua importância em afetar o valor alimentício das silagens. Tal deterioração propicia a redução do valor nutritivo, bem como pode limitar a ingestão das silagens.

Destacada a importância desta determinação, o presente experimento avaliou a estabilidade aeróbia das silagens considerando os principais parâmetros reportados pela literatura. Na Tabela 26 podem ser observados os resultados referentes ao número de horas em estabilidade e o acúmulo da diferença entre a temperatura média das silagens e da referência, durante 100 horas de exposição aeróbia (ADITE 0-100).

Tabela 26 – Estabilidade aeróbia e ADITE das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e das estações do ano

Silagem	Estabilidade Aeróbia		ADITE 0-100	
	horas		°C	
Verão				
Não Emurhecida	227 ^{bA}	(20,1)	3,1 ^{aA}	(0,90)
Emurhecida	135 ^c	(20,1)	3,3 ^{aA}	(0,90)
Com Polpa Cítrica	309 ^{aA}	(20,1)	-0,4 ^{bA}	(0,90)
Média	224	(11,6)	2,0	(0,52)
Inverno				
Não Emurhecida	169 ^B	(20,1)	-6,9 ^B	(0,90)
Emurhecida	139	(20,1)	-6,4 ^B	(0,90)
Com Polpa Cítrica	147 ^B	(20,1)	-5,8 ^B	(0,90)
Média	152	(11,6)	-6,4	(0,52)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si ($P>0,05$).

A determinação do número de horas em que as silagens permaneceram estáveis foi realizada com base na proposta de Keady e O'kiely (1996), que a definiram como sendo o número de horas que a silagem remanescente permanece estável, antes que sua temperatura exceda em 2 °C a temperatura ambiente.

O tempo médio em estabilidade das silagens confeccionadas no verão e inverno foi de 224 e 152 horas, respectivamente. As condições climáticas no momento da abertura dos silos, provavelmente, afetaram esse resultado, visto que os silos confeccionados no verão (fevereiro) foram abertos no mês de maio, quando a temperatura ambiente média foi de 19 °C.

Em contrapartida, os silos de inverno, confeccionados em julho foram abertos em outubro, mês que apresentou temperatura média de 25 °C. Assim, as silagens de verão foram menos desafiadas, o que poderia justificar a maior permanência em estabilidade aeróbia dessas silagens.

No verão, as silagens com PCP permaneceram estáveis ao longo de todo período de avaliação (309 horas), diferentemente das silagens emurhecidas que se

caracterizaram pelo menor número de horas em estabilidade (135 horas). O resultado apresentado por estas silagens poderia ser justificado pelo alto teor de MS da forragem, no momento da ensilagem. Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), estas silagens normalmente são acompanhadas de valores de pH mais elevados e menores teores de ácidos orgânicos.

A pressão de compactação exercida sobre a massa ensilada também foi reduzida, o que pode ser comprovado pelos menores valores de DMV. Como consequência, a ação antimicótica exercida, principalmente, pelo ácido acético é reduzida, o que torna estas silagens menos estáveis. Todas essas características foram observadas neste experimento, como pode ser observado nos itens 4.2.2.1 e 4.2.2.5 do presente capítulo e 3.2.2.7 do capítulo anterior.

As silagens de inverno foram responsáveis pela menor número de horas em estabilidade. Sem deixar de apontar o momento da abertura como fator importante, provavelmente, os altos teores de MS e valores de pH, bem como os baixos teores de ácidos orgânicos e valores de DMV foram responsáveis por este resultado. A adição de PCP ou a prática do emurchecimento não propiciaram alteração da estabilidade aeróbia. Todos os tratamentos confeccionados nesta estação do ano apresentaram teores de MS acima de 50% e, portanto, submetidos às mesmas condições adversas em aerobiose.

Apesar dos tratamentos contemplados pela adição de PCP, no verão, terem sido efetivos em elevar o teor de MS das silagens, estes foram bem inferiores ao valor médio de 40,7% verificado nas silagens emurchecidas. Com teor de MS médio de 24,5%, as silagens com PCP apresentaram maiores teores de ácidos C2 e C3 quando comparadas àquelas emurchecidas. Sendo assim, a presença destes ácidos orgânicos pode ter sido efetiva em controlar microrganismos aeróbios.

A inoculação bacteriana não se mostrou efetiva em aumentar o número de horas em estabilidade das silagens. Este resultado discorda dos dados obtidos por KUNG JR e RANJIT (2001), que observaram os melhores resultados de estabilidade aeróbia nas silagens de cevada inoculadas com *L. buchneri* (720 horas). No entanto, as silagens tratadas com *L. plantarum* e não inoculadas tornaram-se instáveis após 155 e 376 horas do início da avaliação, respectivamente.

A maior temperatura média diária observada no momento da abertura das silagens de inverno foram acompanhadas de valores negativos de acúmulo médio de temperatura acima da temperatura referência. No entanto, foram detentoras das maiores temperaturas, como mostra a Tabela 27.

Nas silagens confeccionadas no verão a situação foi oposta, o que se traduziu em acúmulo médio positivo de temperatura (2,0 °C). Também para este parâmetro, os tratamentos contemplados com PCP foram os únicos que apresentaram valores negativos de acúmulo (-0,4 °C), o que é desejado.

Ao realizarem a mesma determinação com silagens de capim Tifton 85 contendo teores crescentes de MS, estando ou não aditivadas, Castro et al. (2006) verificaram valores similares, os quais variaram de 0,5 °C (silagem aditivada com teor de MS de 45%) a 3,3 °C (silagem aditivada com teor de MS de 65%) quando a avaliação foi realizada em silos abertos com 90 dias. No entanto, acúmulos mais expressivos, que chegaram a 23,2 °C, foram observados quando a mesma determinação foi realizada em silagens provenientes de silos abertos com 32 dias. Os autores atribuíram a tendência de aumento da estabilidade ao longo do tempo de estocagem à redução da temperatura ambiente.

Queiroz (2006) observou em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e inoculantes bacterianos acúmulo de temperatura médio de 23,3 °C, valor muito superior ao observado neste experimento. A explicação estaria no fato das silagens de capins tropicais, diferentemente das silagens de cana-de-açúcar ou milho, apresentarem baixos teores de CHOs e, conseqüentemente, menores teores de ácido láctico, produto de fermentações desencadeadas por bactérias homoláticas. Estes são os principais substratos utilizados por microrganismos aeróbios, visto que o ácido láctico é produto instável de fermentação.

O desdobramento da interação teor de umidade x inoculante x estação do ano mostrou não haver efeito dos diferentes teores de umidade e da inoculação bacteriana sobre a temperatura máxima das silagens de verão, que além de menos desafiadas do ponto de vista climático, tinham como tratamento testemunha uma silagem rica em ácidos orgânicos, o que a tornou um tratamento tão competitivo quanto os demais.

De modo geral, a interação teor de umidade x estação do ano, analisada no inverno, mostrou não haver efeito da adição de PCP ou da prática do emurchecimento em incrementar a temperatura máxima, o que ocorreu somente na silagem com PCP inoculada com *L. plantarum*. O efeito da inoculação bacteriana para este parâmetro também foi isolado.

A inoculação da silagem acrescida de PCP com *L. plantarum* resultou em maior temperatura média (32,0 °C) tendo diferido das silagens inoculadas com *L. buchneri* (29,0 °C) e não inoculadas (28,3 °C), as quais não diferiram entre si. Esta maior temperatura poderia ser atribuída ao maior teor de ácido lático sintetizado por estas bactérias homoláticas (item 3.2.2.7), o que conferiu a este tratamento o menor valor de pH observado (4,3). Este ácido não é considerado um agente antimicótico efetivo (MUCK e KUNG Jr., 1997) e, portanto, pode ter sido utilizado como substrato, principalmente, por leveduras no momento da abertura.

As perdas de MS decorrentes da exposição da silagem ao ambiente estão descritas na Tabela 27. Por terem apresentado comportamento semelhante, a discussão foi realizada com base nas perdas ocorridas durante 200 horas de exposição aeróbia.

Este parâmetro se mostrou diferente dos demais quando se avalia a média das duas estações. O efeito de estação do ano, até o momento favorável para as silagens de verão, não diferiu quanto às perdas de MS. Os valores verificados dentro de uma mesma estação ou entre estações, para tratamentos semelhantes, não possibilitou atribuir a um tratamento específico o comportamento deste parâmetro, tendo em vista a proximidade dos valores.

A exceção se faz para as silagens de inverno submetidas ao emurchecimento e aditivadas, as quais apresentaram as menores perdas de MS, com valor médio de 5%. Este fato foi, provavelmente, resultado do baixo valor nutritivo destas silagens. A menor disponibilidade de substrato nestas silagens justificaria a menor atividade de microrganismos aeróbios.

Tabela 27 – Perdas de MS e temperatura acumulada após exposição aeróbia do painel do silo das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade, dos inoculantes e das estações do ano

Tratamento	Perdas 0-100*		Perdas 0-200*		Tmáx*	
	-----% MS -----				°C	
	Verão					
Controle (Não emurchecida)	5,0 ^{ab}	(0,5)	8,6 ^{ab}	(0,6)	23,2 ^A	(0,5)
Controle + <i>L. buchneri</i>	4,8 ^{bB}	(0,5)	8,2 ^{bB}	(0,6)	23,3 ^A	(0,5)
Controle + <i>L. plantarum</i>	4,9 ^{abB}	(0,5)	8,3 ^{bB}	(0,6)	23,5 ^A	(0,5)
Emurchecida	4,5 ^b	(0,5)	8,4 ^{ab}	(0,6)	23,8 ^A	(0,5)
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	5,3 ^{abA}	(0,5)	8,9 ^{abA}	(0,6)	23,8 ^A	(0,5)
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	6,1 ^{aA}	(0,5)	10,3 ^{aA}	(0,6)	23,3 ^A	(0,5)
Com Polpa Cítrica	4,7 ^b	(0,5)	8,1 ^b	(0,6)	23,0 ^A	(0,5)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	4,8 ^b	(0,5)	8,4 ^b	(0,6)	23,0 ^A	(0,5)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	4,5 ^{bB}	(0,5)	8,2 ^{bB}	(0,6)	22,7 ^A	(0,5)
Média	5,0	(0,2)	8,6	(0,2)	23,3	(0,2)
	Inverno					
Controle (Não emurchecida)	5,7 ^{ab}	(0,5)	9,6 ^{ab}	(0,6)	28,0 ^{bcB}	(0,5)
Controle + <i>L. buchneri</i>	6,4 ^{aA}	(0,5)	10,3 ^{abA}	(0,6)	28,5 ^{bcB}	(0,5)
Controle + <i>L. plantarum</i>	6,5 ^{aA}	(0,5)	10,4 ^{abA}	(0,6)	27,7 ^{cB}	(0,5)
Emurchecida	5,1 ^b	(0,5)	8,8 ^b	(0,6)	28,2 ^{bcB}	(0,5)
Emurchecida + <i>L. buchneri</i>	2,8 ^{cB}	(0,5)	4,6 ^{cB}	(0,6)	28,2 ^{bcB}	(0,5)
Emurchecida + <i>L. plantarum</i>	3,2 ^{cB}	(0,5)	5,3 ^{cB}	(0,6)	28,0 ^{bcB}	(0,5)
Com Polpa Cítrica	5,8 ^{ab}	(0,5)	9,7 ^{ab}	(0,6)	28,3 ^{bcB}	(0,5)
Com Polpa Cítrica + <i>L. buchneri</i>	5,9 ^{ab}	(0,5)	9,8 ^{ab}	(0,6)	29,0 ^{bB}	(0,5)
Com Polpa Cítrica + <i>L. plantarum</i>	5,9 ^{abA}	(0,5)	11,3 ^{aA}	(0,6)	32,0 ^{aB}	(0,5)
Média	5,2	(0,2)	8,9	(0,2)	28,6	(0,2)

Valores entre parênteses indicam erro padrão da média (EPM).

* Perdas 0-100 – Perdas de MS durante as 100 primeiras horas pós-abertura; Perdas 0-200 – Perdas de MS durante as 200 primeiras horas pós-abertura; Tmáx – Temperatura máxima das silagens.

Médias na coluna seguidas de mesmas letras maiúsculas, em diferentes estações, não diferem entre si (P>0,05).

Médias na coluna seguidas de mesmas letras minúsculas, nas mesmas estações, não diferem entre si (P>0,05).

No verão, dentre as silagens inoculadas com *L. plantarum*, o emurchecimento foi o tratamento responsável pela maior perda de MS (10,3%), seguindo o mesmo comportamento dos demais parâmetros. Nas silagens inoculadas com *L. buchneri* ou

não inoculadas, o emurchecimento não diferiu das silagens não emurchecidas ou acrescidas de PCP. Portanto, os tratamentos não foram efetivos em reduzir as perdas de MS.

Não houve alteração das perdas de MS com a inclusão de ambos inoculantes bacterianos, no verão. No inverno, somente nas silagens emurchecidas, inoculadas com *L. plantarum* ou *L. buchneri* reduziram tais perdas. Este resultado não era esperado, uma vez que a avaliação dos teores de ácidos graxos voláteis e de CHOs não mostraram diferença entre os tratamentos.

De modo geral, as perdas de MS observadas foram bem inferiores as verificadas por Loures (2004), ao avaliar silagens de capim Tanzânia com diferentes tamanhos médios de partículas, submetidas ou não ao emurchecimento e inoculação com enzimas fibrolíticas. A autora verificou perdas de MS que variaram de 14 a 26%, não tendo diferido entre os tratamentos.

Analizando todos os parâmetros utilizados na determinação da estabilidade aeróbia, e levando em consideração que as silagens de verão foram favorecidas pelas condições climáticas, no momento da abertura, as silagens acrescidas de PCP apresentaram maior estabilidade, simplesmente pelo maior número de horas em estabilidade. Porém, as demais silagens quando comparadas com resultados da literatura se mostraram estáveis quando o interesse foi o de avaliar a estabilidade aeróbia.

4.3 Conclusões

Os tratamentos empregados com a finalidade de elevar os teores de MS foram efetivos em reduzir a produção de efluente e a perda por gases das silagens de verão, o que resultou em maiores recuperações de MS.

A produção de gases verificada em ambas estações pode ser considerada satisfatória e condizente com os relatos da literatura.

A metodologia empregada na determinação da produção de gases e efluente, bem como a equação preditora de tais perdas devem passar por um processo de padronização, para que as comparações entre experimentos sejam realizadas.

Estudos que avaliem novos métodos para quantificar a produção de gases, como por exemplo, estimar a energia perdida ao longo do processo fermentativo, poderia melhor caracterizar tais perdas.

A avaliação da estabilidade aeróbia a partir de um único parâmetro pode não caracterizar o real efeito dos tratamentos. A avaliação das silagens em momentos distintos, em ambiente não controlado, tornou a comparação entre estações do ano pouco propícia.

A maior recuperação de MS das silagens de inverno não foi acompanhada de menores perdas de MS no pós-abertura. Portanto, a escolha do alimento conservado deve contemplar todos os processos e etapas envolvidas na sua obtenção.

Nas silagens de verão, a inoculação bacteriana apresentou efeitos marginais e inconsistentes para a maioria dos parâmetros físicos, o que tornaria tal prática não indicada, visto que acrescenta ao sistema maior custo de produção.

O emurchecimento foi responsável pela maior recuperação de MS no verão, no entanto, esta maior eficiência não se repetiu quando as silagens emurchecidas foram expostas ao ambiente, visto terem apresentado o menor número de horas em estabilidade e não terem diferido das demais silagens quanto às perdas de MS em aerobiose.

As maiores perdas por captação (recolhimento), no momento da colheita, tornaram o emurchecimento um tratamento menos competitivo quando comparado àqueles acrescidos de PCP.

Dentre os tratamentos empregados, aqueles representados pela adição de 7,5% de PCP, em base da forragem úmida, se caracterizaram como opção mais interessante, pois exibiu a maior recuperação de MS, menores perdas por captação e maior estabilidade aeróbia.

Provavelmente, melhores resultados poderiam ter sido vivenciados, caso a participação percentual de PCP fosse incrementada, visando elevação dos teores de MS para valores próximos a 30%.

Referências

- AGUIAR, R.N.S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.; NUSSIO L.G.; SANTOS, P.M.; CORSI, M. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p.32.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; DA SILVA, S.C. (Ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p.890-911.
- BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada**. 2003. 108p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2003.
- CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; HADDAD, C.M.; CAMPOS, F.P.; COELHO, R.M.; MARI, L.J.; TOLEDO, P.A. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.2, p.358-371, 2006.
- CASTRO, F.G.F.; NUSSIO, L.G.; SIMAS, J.M.C.; HADDAD, C.M.; TOLEDO, P.; COELHO, R.M.; MARI, L.J. Parâmetros físico-químicos da silagem de Tifton 85 (*Cynodon* sp.) sob efeito de pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.270-272.
- COAN, R.M.; VIEIRA, P.F.; SILVEIRA, R.N.; PEDREIRA, M.S.; REIS, R.A. Efeitos do inoculante enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.124-126.
- CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; CORSI, M. Efeito da fermentação na fração fibra de silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.354-355.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, R.G.; SANTOS, R.V. Aditivos na ensilagem de Coastcross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) 1. Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.71-72. 1 CD-ROM.

GREENHILL, W.L. Plant juice in relation to silage fermentation. **Journal of the British Grassland Society**, Oxford, v.19, p.336-339, 1964.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.54, p.208-218, 1999.
HEINRICHS, A.J.; LAMMERS, B.P. Particle size recommendations for dairy cattle. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK, 1997, Hershey. **Proceedings....** Hershey: NRAES, 1997. p.268-278.

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silo densities**. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: MOORE, K.J.; KRAL, D.M.; VINEY, M.K. (Eds.) **Post Harvest Physiology and Preservation of Forage**. Madison: ASAS, CSSA, cap.5, p.91-115, 1995. (CSSA, Special Publication, 22).

JONES, D.I.H.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, New York, v.60, p.73-81, 1995.

KEADY, T.W.; O'KIELY, P. An evaluation of the effects of rate of nitrogen fertilization of the grassland on silage fermentation, in silo losses, effluent production and stability. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.51, p.350-362, 1996.

KRAUS, T.J.; KOEGEL, R.G.; STARUB, R.J.; SHINNERS, K.J. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: ASAE, 1997. p1-12.

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

KUNG JUNIOR, L. Microbial and chemical additives for silage – effects on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, v.2, p.53, 2000.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.79, p.922-928, 1996.

LAVEZZO, W. Silagem de capim elefante. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.132, 1985.

LEITÃO, M.F.F. Atividade de água e alterações microbiológicas dos alimentos. In: JARDIM, D.C.P.; GERMER, S.P.M. (Ed.) **Atividade de água em alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1997. p.1-18.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (Brachiaria brizantha (Hochts. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 24 nov. 2006.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2.nd ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implication for management. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.71, p.2992-3002, 1988.

MUCK, R.E.; KUNG JUNIOR, L. Effects of silage additives on ensiling. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK, 1997, Herchey. **Proceedings...** Herchey: NRAES, 1997. p.187-199; 200-210.

NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: BATISTA, A.M.V.; BARBOSA S.B.P.; SANTOS M.V.F. et al. (Ed.). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: 2002. p.60-99.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PAZIANI, S.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.C.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; SCHMIDT, P.; CAMPOS, F.P. Avaliação do efeito do tamanho de partícula, umidade e inoculante bacteriano sobre as propriedades físicas e perdas na silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

PENATI, M.A.; CORSI, M.; DIAS, C.T.S.; MAYA, F.L.A. Efeito do número de amostras e da relação dimensão-formato da moldura sobre o coeficiente de variação na determinação da massa de forragem em pastagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. 1 CD-ROM.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.17, p.264-268, 1966.

QUEIROZ, O.C.M. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais**. 2006. 99p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effects of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.83, n.3, p.526-535, 2000.

REZENDE, L.H.G.S.; BULCÃO, R.A.A.; NUNES, A.B.; DIAS, M.; GONÇALVES, W.F.; DETMANN, E.; MORAIS, M.G.; ÍTAVO, C.C.B.F. Efeito de diferentes níveis de polpa cítrica de laranja e cama de frango sobre alguns parâmetros fermentativos da silagem de capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) var. Roxo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003. 1 CD-ROM.

SAS INSTITUTE. **The SAS System for Windows**: version 8.02. Cary, SAS Institute, 2001. 1 CD-ROM.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.73-108.

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

5 EFEITOS DE FONTES ABSORVENTES DE UMIDADE, ADITIVOS QUÍMICOS E MICROBIANOS SOBRE O VALOR NUTRITIVO, PERFIL FERMENTATIVO E PERDAS EM SILAGENS DE CAPIM MARANDU

Resumo

O monitoramento das perdas é condição fundamental quando se trabalha com conservação de forragem. Estas podem se fazer presentes em diferentes magnitudes, em função das práticas e tratamentos adotados. O experimento avaliou a composição químico-bromatológica, os parâmetros físicos, as perdas fermentativas das silagens de capim Marandu. O delineamento foi inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 3 x 5; sendo três teores de MS (sem ou com adição de PCP ou CSP) e cinco aditivos (ausência ou presença do inoculante ou benzoato de sódio ou ácido fórmico 62% ou 44%), perfazendo 15 tratamentos, com quatro repetições cada. A espécie foi colhida com idade de rebrotação de 54 dias, sendo então submetida aos tratamentos e armazenada em silos 20 L. Amostras da forragem ensilada foram coletadas para determinação da composição química. Após 83 dias da ensilagem, amostras dos silos foram coletadas e submetidas às mesmas avaliações da forragem, incluindo pH, N-NH₃ e ácido láctico, quantificação das perdas por gases, efluente e recuperação de MS (RMS). A adição de PCP ou CSP às silagens elevou os teores de MS a valores acima de 28%, o que resultou em processo fermentativo mais eficiente, visto que estas silagens apresentaram maior capacidade fermentativa. O maior teor de MS destas silagens reduziu a produção de efluentes e não comprometeu a compactação, haja visto que o tamanho médio de partículas destes tratamentos foi inferior a 30 mm. A eficiente compactação resultou em baixos teores de N-NH₃ e maiores coeficientes DVIVMO das silagens contendo CSP (60,3%) e PCP (58,6%), as quais diferiram entre si e foram superiores ao valor de 58,0% observado nas silagens controle. As silagens com CSP apresentaram os melhores resultados de estabilidade. Os aditivos a base de ácido fórmico se mostraram os mais efetivos em preservar CHOs, PB o que culminou nas maiores DVIVMO. Estes aditivos também reduziram as perdas por gases, o que resultou na maior recuperação de MS. O inoculante contendo duas cepas de bactérias homoláticas não diferiu dos aditivos descritos acima para a variável DVIVMO (59,7%) e também reduziu as perdas por gases. Os maiores teores de ácido láctico produzidos pelas silagens inoculadas propiciaram menor estabilidade aeróbia. Dentre os aditivos, o benzoato não propiciou às silagens incremento da DVIVMO (58,2%) e não reduziu as perdas por gases. Portanto, dentre os tratamentos, as fontes absorventes de umidade se mostraram opção interessante e novos experimentos devem ser realizados avaliando a CSP. Os dois aditivos contendo ácido fórmico devem ser mais explorados com gramíneas tropicais, pois os resultados se traduziram em benefícios ao processo fermentativo.

Palavras Chave: Ácido fórmico; Benzoato de sódio; Casca de soja; Efluente; Formato de amônio; Gases

EFFECT OF MOISTURE ABSORBENT SOURCES, CHEMISTRY AND MICROBIAL ADDITIVES ON NUTRITIVE VALUE, FERMENTATION PROFILE AND LOSSES OF PALISADEGRASS SILAGES

Abstract

Analysis of fermentative losses are essential in forage conservation trials. Losses can be observed in different ranges depending on management and treatments adopted. This trial aimed to evaluate nutritive value, physical parameters and fermentative losses in Palisadegrass silages. The experiment was randomly arranged, in a factorial design 3 x 5, being 3 different levels of DM (with or without pellets of citric pulp or soybean husk) and 5 additives (with or without inoculant, sodium benzoate or formic acid 62% or 44%), resulting in, 15 treatments, with 4 replications. The plant was harvested with 54 days of regrowth, being submitted to the treatments and then ensiled in laboratory silos (20L). At this moment, forage samples were collected to determine the chemical composition of fresh forage. After 83 days of ensiling, samples were taken to evaluate chemical parameters, including pH, ammonia-N, lactic acid and fermentation parameters such as gases and effluent losses and DM recovery. The addition of citric pulp or soybean husk pellets, increased the dry matter content to values above 28%, which resulted in a more efficient fermentative process, since these silages showed the biggest fermentation capacity. The highest DM level of these silages reduced the effluent losses without interfere on compaction, since the mean particle size on these treatments were always smaller than 30mm. The efficient packing resulted in lower ammonia-N concentration and high IVTOMD coefficients for silage containing soybean husk pellet (60.3%) or citric pulp pellet (58.6%), these values are significantly different and higher than 58% obtained on control silages. Silages with soybean husk pellet showed the best results of aerobic stability. Formic acid additives were more effective in preserving WSC and CP, resulting in higher IVTOMD. These additives also reduced gases losses, and higher DM recovery. The inoculant, with two homolactic bacteria, was not different from the additives described above for IVTOMD (59.7%) and also reduced gases losses. The highest content of lactic acid on inoculated silages, let them to the poorest aerobic stability. Between the additives, sodium benzoate did not increased the IVTOMD (58.2%) or reduced gases losses. Moisture absorbents sources seem to be interesting and new trials should be done evaluating soybean husk pellet. Both formic acid additives need to be more studied with tropical grasses, since their results showed benefits for the fermentative process.

Keywords: Ammonium formate; Effluent; Formic acid; Gases; Lactic acid; Sodium benzoate; Soybean husk

5.1 Introdução

A marcante estacionalidade da produção de forragem, vivenciada pelos países do Trópico Sul, torna a conservação de forragem uma necessidade. A não realização desta prática é motivo da grande variação intra-anual no mercado da carne bovina. Enquanto a distribuição de alimentos, ao longo do ano, se mantiver desuniforme, os pecuaristas serão obrigados a reduzir as taxas de lotação, no final do verão. Sendo assim, a grande oferta de animais neste período se traduzirá em prejuízos para aqueles que não se prepararam para o período seco e benefício para os mais precavidos, que armazenaram o excedente da produção.

Apesar da falta de dados oficiais que contabilizam a produção de alimentos conservados no Brasil, a comercialização de aditivos é um dos indicadores do crescimento desta atividade. Ao investir na aquisição destes produtos, os pecuaristas deslumbram, principalmente, a obtenção de silagens de maior valor alimentício e, mesmo sendo conhecedores das perdas decorrentes do processo de ensilagem, poucos são aqueles que as avaliam.

A conservação de forragem, com raríssimas exceções, vem acompanhada do desaparecimento de energia e MS do produto final. O início do processo de ensilagem é marcado pela respiração, que perdurará enquanto houver a presença de oxigênio residual na massa de silagem. Perdas oriundas de fermentação secundária, de efluente produzido no silo, bem como as deteriorações aeróbias presentes durante a estocagem e retirada da silagem, são as maiores fontes de perdas de energia, que podem variar de 7%, para materiais bem conservados, até valores da ordem de 40% (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Quando o silo é aberto e a silagem é removida do painel, o ambiente passa a condição de aerobiose e alguns microrganismos até o momento dormentes, multiplicam-se, resultando no processo de deterioração. As perdas pós-abertura estão associadas ao manejo de retirada da silagem, enquanto a extensão de deterioração está vinculada a estabilidade aeróbia (BALSALOBRE et al., 2001).

Na tentativa de reduzir tais perdas, diferentes tratamentos vêm sendo adotados para corrigir possíveis limitações físicas, químicas e/ou biológicas apresentadas pelo material a ser ensilado, as quais podem comprometer o processo fermentativo. Deste

modo, os aditivos só deverão ser elegíveis para este fim, caso seja comprovada sua eficiência em reduzir as perdas de MS, além de propiciar a obtenção de silagens de maior valor nutritivo.

Quando o material a ser ensilado é representado pelas gramíneas tropicais, as quais apresentam elevado teor de umidade, teor moderado de CHOs e elevada capacidade tamponante, no momento ideal de corte, a adoção de aditivos deve ser idealizada. Segundo Woolford (1984), estes fatores inibem a ocorrência de um processo fermentativo adequado, dificultando assim a confecção de silagens de qualidade.

Dentro deste contexto, a PCP tem se apresentado como um importante aditivo em silagens de capins. Não bastasse a alta capacidade absorvente, este subproduto se caracteriza também como fonte de nutrientes, visto que apresenta em sua composição um carboidrato complexo de grande importância na alimentação de animais ruminantes. Trata-se da pectina, um polissacarídeo rico em ácido galacturônico, presente na lamela média e outras camadas da parede celular.

Segundo Van Soest (1994), do ponto de vista nutricional, é dado maior interesse às substâncias pécticas, constituídas por uma espinha dorsal de ácido urônico e também cadeias laterais de açúcares, predominantemente arabinose e arabinose + galactose.

Ao adicionarem PCP ao capim Tanzânia no processo de ensilagem, Crestana et al. (2001) constataram a contribuição deste aditivo em reduzir os teores de hemicelulose. Provavelmente, uma das explicações para esta redução estaria na contribuição da fração pectina como substrato do processo fermentativo, pois nos tratamentos contendo 10% de PCP, o pH de estabilidade foi inferior aos demais tratamentos, o que justificaria a utilização da pectina na fermentação.

O mesmo aditivo foi avaliado por Corrêa e Cordeiro (2000), em silagens de capim Tanzânia. A silagem controle apresentou teores de 21% de MS, 6,4% de PB; 15% de N-NH₃ em percentual do N total, valor de pH de 4,6 e coeficiente de DIVMS de 48%. Segundo os autores, a adição de 6-8% de PCP, no momento da ensilagem, aparentemente melhorou a fermentação, fato observado pelo aspecto, odor e cor da silagem, que apresentou 24% de MS; 7,0% de PB; 10,8% de N-NH₃ em percentual do N

total, valor de pH de 4,4 e coeficiente de DIVMS de 51%, sendo consideradas silagens de qualidade média.

Bernardes (2003) constatou que a presença de 5 e 10% de PCP, em base da forragem úmida, resultou em crescimento de fungos e leveduras, bem como promoveu menor estabilidade aeróbia pelo aumento da temperatura da silagem. Em contrapartida, as silagens não tratadas tiveram sua instabilidade caracterizada pela presença de bactérias, altos teores de N-NH_3 e elevação do pH após a exposição aeróbia, a qual foi acompanhada pela deterioração das silagens, acarretando em redução de 5% nos valores de DIVMS.

Além da PCP, outras fontes absorventes e/ou fornecedoras de nutrientes devem ser preconizadas como aditivos na ensilagem de gramíneas tropicais. A excelência do Brasil em produzir soja, se traduz na crescente produção de casca de soja peletizada (CSP), obtida da extração do óleo presente no grão.

A utilização deste subproduto se faz necessária não apenas para lhe destinar um fim, mas devido ao seu elevado valor nutritivo. Apesar de alguns trabalhos destacarem os benefícios da substituição parcial de cereais mais nobres pela CSP, há na literatura poucos trabalhos avaliando sua utilização em silagens, fato que deve despertar o interesse dos pesquisadores.

Outra categoria de aditivo muito empregada em silagens de capins são os inoculantes contendo cepas de bactérias ácido lácticas. Ao analisar uma série de trabalhos, McDonald, Henderson e Heron (1991) observaram que a combinação de inoculantes bacterianos com fontes fornecedores de CHOs solúveis resultavam em melhor processo fermentativo.

Contudo, os resultados obtidos muitas vezes têm se mostrado inconsistentes, principalmente, quando se referem ao valor nutritivo das silagens. Ao avaliarem alguns experimentos conduzidos com gramíneas tropicais, Sollenberger et al. (2003) verificaram respostas positivas da inoculação de bactérias ácido lácticas, quando as forragens apresentavam altos teores de CHOs.

Para estes autores, em se tratando de gramíneas tropicais, as respostas positivas estariam na dependência da quantidade de CHOs disponibilizados aos microrganismos, independente se a silagem foi ou não inoculada. Isto sugere que a

população epífita de bactérias não seria a principal limitação para obtenção de silagens de qualidade. Sendo assim, a adição de fontes fornecedoras de nutrientes, juntamente com a inoculação bacteriana, possibilitaria inferir se a falta de resposta dos inoculantes é decorrente da falta de substrato ou da ausência de bactérias epifíticas.

Ao avaliarem os efeitos de inoculantes contendo bactérias ácido lácticas sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa, acrescida ou não de 12% de PCP, Rodrigues et al. (2004) não verificaram efeito dos inoculantes, o que seria justificado pelos elevados teores de MS e CHOs propiciados pela adição de PCP. Estes fatores, determinantes da capacidade fermentativa, teriam propiciado condição ideal na síntese de ácidos orgânicos, o que culminou em respostas semelhantes entre os tratamentos.

Diante dos resultados obtidos pelos estimulantes de fermentação, a adoção dos inibidores fermentativos passa a ser uma opção interessante, desde que avaliada pela comunidade científica. Dentre os inibidores, o ácido fórmico vem sendo muito requisitado pelas empresas Européias, na confecção de aditivos. A ação antibacteriana deste ácido é explicada pelo efeito da concentração do íon hidrogênio e ação bactericida seletora quando não dissociado.

Segundo Pölönen (2000), apesar de algumas das ações antimicrobianas do ácido fórmico serem decorrentes do decréscimo do pH e inibição de microrganismos, esta ação é, principalmente, associada às moléculas não dissociadas durante as condições de acidez. A energia das células é esgotada durante o transporte de prótons para fora do citoplasma com a finalidade de restabelecer o pH de estabilidade.

Porém, os problemas decorrentes do seu poder corrosivo, sua toxicidade e seu alto custo, que no passado tornaram sua utilização quase proibitiva, foram contornados pela remodelação dos produtos. Os aditivos atuais substituíram as elevadas doses do ácido fórmico em sua forma pura, por sais deste ácido.

Os sais auxiliam na preservação da silagem devido ao aumento da pressão osmótica e da propriedade inibitória de ânions. Se este íon negativo é metabolizado, como no caso do lactato de amônio, existe risco de elevação do pH em decorrência do efeito tampão do íon amônio. A amônia e o íon amônio parecem ser razoáveis inibidores de fungos em materiais com alto teor de MS (VAN SOEST, 1994).

Florek et al. (2004) avaliaram os efeitos do ácido fórmico e formato de amônio sobre o perfil fermentativo de silagens de trevo vermelho (28,6% MS). Os autores observaram um pequeno incremento da intensidade fermentativa do ácido láctico e acético, o que veio acompanhado do decréscimo nos valores de pH (4,74 para 4,15), em decorrência da maior acidificação (9,52% de ácido láctico) quando comparada a silagem controle (3,45% de ácido láctico). Apesar da ausência de ácido butírico, o aditivo não restringiu a proteólise e a deaminação nas silagens, que por sua vez, apresentaram baixos teores de N-NH₃.

Visando o controle efetivo dos microrganismos indesejáveis, há no mercado aditivos contendo não só o ácido fórmico e sais, mas também os ácidos propiônico, benzóico, dentre outros. Em estudo realizado por Woolford (1975) avaliando a ação antimicrobiana dos ácidos fórmico e propiônico, o primeiro se caracterizou como o mais efetivo em inibir o crescimento bacteriano em pH 4. Para valores de pH variando de 5 a 6, o ácido propiônico se mostrou mais efetivo no controle de bactérias do gênero *Clostridium*, gram negativas e *Bacillus* spp.

Os efeitos benéficos do ácido benzóico, na forma de benzoato de sódio (C₇H₅NaO₂), também foram reportados por Woolford (1975). A notoriedade deste sal foi decorrente de sua propriedade antimicrobiana e por ser mais efetivo em valores de pH baixos. Na indústria alimentícia, este sal é utilizado como conservante bactericida e fungicida.

Kleinschmit, Schmidt e Kung Jr. (2005) avaliaram o ação do benzoato de sódio (0,1% na forragem úmida) em planta inteira de milho submetida a ensilagem. Quando comparado à silagem controle, aquela tratada com o aditivo apresentou maiores teores de CHOs (9,67 vs. 2,70% MS), maior recuperação de MS (99,0 vs. 93,0%), menor teor de etanol (2,76 vs. 0,74% MS) e maior estabilidade aeróbia (165 vs. 39 horas).

Os autores atribuíram os resultados positivos a uma possível inibição parcial da fermentação. Apesar dos teores de ácido láctico não terem sido afetados notadamente pelo benzoato de sódio, este tratamento reduziu significativamente a síntese de etanol, fato que ratifica a ação inibitória deste aditivo.

Partindo de um material desafiador quando o assunto é ensilagem, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes aditivos químicos e

inoculante bacteriano, bem como a interação destes com fontes absorventes, sobre as perdas de MS, composição químico-bromatológica e parâmetros físicos e estabilidade aeróbia das silagens de capim Marandu.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Material e métodos

5.2.1.1 Área experimental e espécie forrageira

Todas as avaliações foram realizadas no Departamento de Zootecnia – Setor Ruminantes, USP/ESALQ, em Piracicaba, SP. O capim Marandu, espécie alvo do estudo, foi colhido em área pertencente ao Departamento de Aviação Civil (DAC) do Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas aproximadas são de 22° 42' de latitude sul, 47° 38' de longitude oeste e altitude de 546 m.

5.2.1.2 Classificação e adubação do solo

O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico. Antecedendo o corte de uniformização, uma área de dois hectares foi demarcada e 12 subamostras de solo foram coletadas a profundidade de 20 cm, com o auxílio de uma sonda. Após homogeneização da amostra composta, 500 g foi encaminhado a um laboratório para análise química, como mostra a Tabela 28.

Tabela 28 – Análise química do solo da área experimental

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	Mg dm ⁻³	----- mmol dm ⁻³ -----				-----			%
5,5	18	13	0,6	19	8	0	16	28	44	63

(MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; V: saturação por bases)

Os resultados da análise do solo ratificaram a necessidade de correções tanto para macro quanto micronutrientes. Para que a adubação fosse realizada, no dia 10 de fevereiro de 2006, procedeu-se com o corte de uniformização do dossel a 15 cm (resíduo). Na seqüência, para cada hectare, foram disponibilizados por meio do equipamento Vicon® tracionado por trator:

- 500 kg da fórmula 30-00-20 (nitrogênio na forma de nitrato de amônio)
- 200 kg da fórmula 00-18-00 (fósforo na forma de superfosfato simples)
- 50 kg de microminerais (FTE)

5.2.1.3 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi definido como sendo inteiramente casualizado, disposto em arranjo fatorial 3 x 5. Os tratamentos consistiram da combinação de três teores de MS e cinco aditivos:

Fator 1 – Teor de MS:

- Forragem úmida ou adição de PCP ou adição de CSP;

Fator 2 – Inoculante bacteriano ou aditivo químico:

- Ausente (AUS) ou inoculante bacteriano (INOC) ou benzoato de sódio (BENZ) ou ácido fórmico 62% (AF62) ou ácido fórmico 44% (AF44).

A combinação destes dois fatores resultou em 15 tratamentos, contemplados com quatro repetições cada, totalizando 60 silos experimentais (unidades experimentais).

5.2.1.4 Colheita da forragem destinada a ensilagem

Este procedimento foi realizado no dia 04 de abril de 2006, pela colhedora de forragem da marca Casale®, modelo CF 2000 Super, a qual teve seu conjunto de facas e contra-facas afiados, evitando tamanho médio de partículas inadequado.

A forragem colhida com 54 dias de crescimento vegetativo foi transportada por vagão forrageiro, sendo então depositada sobre uma lona plástica. Após ter sido submetida aos seus respectivos tratamentos, amostras foram coletadas para determinação da composição químico-bromatológica e parâmetros físicos (Tabela 29). Na seqüência, a forragem tratada foi acondicionada nos silos experimentais.

Tabela 29 - Composição químico-bromatológica e parâmetros físicos das forragens de cada tratamento no momento da ensilagem

Tratamentos	MS %	CZ -----	PB	CHOs % MS	FDN -----	FDA	HEM -----	DVIVMO %	pH	PT*	CE**	Partícula mm
Forragem Úmida												
AUS	25,4	15,3	7,4	2,8	59,0	34,3	24,7	60,1	6,06	15,1	0,83	39,6
INOC	24,8	9,5	7,9	2,4	68,7	39,6	29,1	55,9	6,08	16,6	0,79	36,5
BENZ	24,2	9,7	8,1	2,6	71,4	41,4	29,9	55,5	6,04	19,3	0,91	38,9
AF62	24,4	8,5	8,6	2,7	67,9	37,8	30,1	57,9	4,05	34,4	1,43	34,4
AF44	25,6	8,5	9,4	3,3	67,0	36,2	30,8	59,4	4,66	29,4	1,23	32,0
Adição Polpa Cítrica Peletizada												
AUS	36,4	8,6	7,6	3,5	57,4	33,9	23,5	60,8	5,95	13,3	0,98	36,9
INOC	29,9	8,6	7,9	-	63,5	37,5	25,9	57,5	5,74	17,9	0,85	31,5
BENZ	29,0	8,1	7,8	2,5	67,8	39,2	28,6	57,6	6,02	19,4	0,97	33,4
AF62	28,9	8,3	9,0	2,4	65,2	35,5	29,7	59,8	4,34	25,2	1,34	31,5
AF44	30,0	7,9	8,5	4,6	64,3	36,1	28,2	59,0	4,32	27,4	1,21	31,6
Adição Casquinha de Soja Peletizada												
AUS	33,3	6,8	6,8	1,3	61,4	36,5	24,8	61,1	6,06	16,3	0,98	35,6
INOC	29,8	7,4	7,1	1,7	63,0	37,6	25,4	60,7	6,00	17,8	0,82	34,6
BENZ	32,8	6,9	6,7	2,0	62,9	37,8	25,1	61,9	6,04	15,3	0,98	32,6
AF62	28,1	7,6	8,0	2,6	63,1	34,9	28,2	59,9	4,39	25,6	1,35	32,5
AF44	31,0	7,4	7,6	2,2	61,4	35,7	25,8	61,0	4,57	30,7	1,21	33,2

* Poder Tampão, expresso em mequivalente 100 g/MS; **Condutividade Elétrica, expressa em mS/cm

5.2.1.5 Silos experimentais

Os silos experimentais foram representados por baldes de plástico com 20 L de capacidade, providos de tampas contendo válvula do tipo *Bunsen* para o escape dos gases. No fundo dos baldes foram adicionados 3 kg de areia seca para drenagem do efluente produzido, bem como uma tela fina de plástico e um pano de algodão para evitar o contato da forragem com a areia.

5.2.1.6 Confeção das silagens

O tratamento controle correspondeu a forragem colhida pelo corte direto, com seu teor de umidade original. A massa de forragem úmida foi também empregada na confecção de mais quatro tratamentos, os quais corresponderam a inoculação bacteriana e aditivismos químicos.

Dos 10 tratamentos remanescentes, cinco foram contemplados pela adição de PCP, enquanto nos demais foi adicionada a CSP. A participação percentual destas fontes correspondeu a 10% em base de forragem úmida, visando contribuição semelhante destes aditivos. Após a homogeneização dos tratamentos, realizou-se o enchimento dos silos experimentais.

Dos cinco tratamentos contendo PCP, três foram aditivados e um inoculado. O mesmo procedimento foi adotado para os tratamentos contendo CSP. O inoculante bacteriano e aditivos químicos foram representados por:

- **Inoculante Microbiano (INOC)**

O inoculante utilizado contém cepas de bactérias homoláticas representadas por *Lactobacillus plantarum* MA 18/5U e *Pediococcus acidilactici* MA/5M. Como fonte de CHO o produto, comercializado na forma de pó, que tem a lactose como veículo de inoculação. Segundo a empresa fabricante, o inoculante tem como garantia, para cada

grama do produto, 10 bilhões de UFC de *L. plantarum* e 3 bilhões de UFC de *P. acidilactici*.

As doses e a forma de aplicação seguiram as recomendações técnicas da Lallemand® Animal Nutrition, tendo sido adicionado $1,0 \times 10^5$ e $3,0 \times 10^4$ UFC viáveis/g de forragem úmida, de *L. plantarum* e *P. acidilactici*, respectivamente. Após a diluição do inoculante em água deionizada, a solução foi aspergida por meio de um pulverizador manual sobre a massa de forragem, que na sequência foi ensilada.

- **Benzoato de Sódio (BENZ)**

O benzoato de sódio, na forma granulada solúvel, foi diluído em água deionizada. Com o uso de pulverizador manual (500 mL), este aditivo químico foi incorporado a massa de forragem. Para que houvesse eficiência do benzoato no controle de bactérias do gênero *Clostridium* e leveduras, sem com isso inviabilizasse economicamente sua utilização, foi aplicado 0,1% do produto em base da forragem úmida.

- **Kemisile® 3 Plus (AF62)**

Comercializado na forma líquida, este aditivo químico se caracteriza pela atividade seletora de microrganismos. Esta característica é propiciada pelo ácido fórmico e formato de amônio, cuja participação percentual na composição do produto é de 62 e 24%, respectivamente. A água participa com 14% da composição do produto. O ácido fórmico, considerado um inibidor de fermentação, deixa de exercer este papel quando presente em menor concentração.

Com o auxílio de um pulverizador manual, 400 mL do aditivo foi aplicado em 80 kg de forragem úmida a ser ensilada, o que equivaleu a 5 L/t de forragem úmida. Esta dose respeita a recomendação do fabricante, que preconiza de 3 a 6 L/t de forragem úmida.

- **Kemisile® 2000 Plus (AF44)**

Produto comercializado em galões de 30 L, também se caracteriza como aditivo seletor de microrganismos indesejáveis, uma vez que seus constituintes apresentam tal característica. Participam da sua constituição o ácido fórmico (44%), o formato de amônio (30%), o ácido propiônico (9%), o ácido benzóico (2%) e a água (15%). O procedimento de aplicação do produto na massa de forragem, bem como a dosagem aplicada, foram semelhantes ao adotado para o Kemisile® 3 Plus.

Para evitar possível contaminação, adotou-se uma lona plástica para cada tratamento, bem como rigoroso controle sobre equipamentos, ferramentas e indivíduos envolvidos na operação.

5.2.1.7 Momento da abertura e coleta das amostras

Após 83 dias do fechamento, os silos foram abertos e uma camada de silagem de aproximadamente 15 cm foi desprezada, evitando uma possível contaminação das amostras a serem coletadas.

Para evitar uma amostragem pontual, no centro geométrico dos baldes, toda silagem foi retirada e acondicionada em saco plástico de 50 L. Depois de passar por um processo de homogeneização, houve a coleta e armazenamento das amostras em congelador (-5 °C).

5.2.1.8 Determinação da composição químico-bromatológica

Uma amostra de silagem de aproximadamente 300 g foi encaminhada para estufa de circulação forçada de ar (55 °C) para determinação dos teores de MS (SILVA, 1981). Após 72 horas, as amostras foram pesadas e moídas em moinho tipo Willey (peneiras com orifícios de 1 mm de diâmetro). As amostras moídas possibilitaram a determinação da MS laboratorial e do teor de cinzas, segundo metodologia da AOAC (1990).

Em função do número expressivo de amostras originado pelo presente capítulo, bem como pelo capítulo 6, a determinação dos teores de PB, FDN, FDA e coeficientes de DVIVMO e DVIVMS, pelo método laboratorial convencional, requereria investimentos significativos.

Partindo desta premissa, 380 amostras referentes aos referidos capítulos tiveram as determinações dos teores de PB, FDN, FDA e coeficientes de DVIVMO e DVIVMS realizadas pelo método de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIRS) (BERZAGHI; COZZI; ANDRIGHETTO, 1997 e COZZOLINO; ACOSTA; GARCIA, 2001). O equipamento utilizado foi o espectrômetro modelo NIRS 5000 (NIRSystems®, Silver Spring, MD, USA) acoplado a um microcomputador equipado com software WinISI II versão 6.2 (Intrasoft International, PA).

As amostras moídas foram acondicionadas em células de leitura modelo Transport quarter cup (código IH – 0379), sendo em seguida escaneadas para obtenção dos espectros NIRS. Após o escaneamento das amostras, as leituras assumiram comprimentos de onda entre 700 e 2100 nm. Os espectros foram armazenados em curvas log (1/R) em intervalo de 2 nm.

Para seleção das amostras em que seriam realizadas a química líquida convencional, utilizou-se o software do equipamento, com adoção de uma distância mínima de 0,6 H (distância padronizada de Mahalanobis) entre amostras (SHENK e WESTERHAUS, 1991).

O software selecionou 92 amostras (32 referentes a este capítulo), as quais tiveram sua composição químico-bromatológica determinada pelo método convencional. Os valores obtidos para estas variáveis e, portanto, somadoras de variação espectral, abasteceram o banco de dados do programa NIRS, o qual fez uma predição das 288 amostras não analisadas. Para predição do conjunto total de amostras, os valores finais de cada uma das variáveis, foram submetidos às equações desenvolvidas pelo software do equipamento.

Para determinação do teor de PB foi utilizado um auto-analisador de nitrogênio da marca LECO®, modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). Os teores de FDN e FDA foram obtidos pelo método seqüencial proposto pela ANKOM® Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY) e descrito por Holden (1999),

com adição de sulfito de sódio para solubilização de compostos queratinizados. O mesmo protocolo foi utilizado na obtenção dos coeficientes de DVIVMO e DVIVMS.

5.2.1.9 Análise do extrato aquoso e suas variáveis dependentes

A obtenção do extrato aquoso das silagens, bem como a mensuração do pH seguiu metodologia proposta por (KUNG Jr. et al., 1984). Os extratos foram acondicionados em tubos do tipo Eppendorf de 1,5 mL, sendo então congelados a temperatura de 20 °C negativos.

De posse dos extratos deu-se início a determinação dos teores de CHOs (DUBOIS et al., 1956) e N-NH₃ (CHANEY e MARBACH, 1962) das silagens. Em placas de microtúbulo foi adicionada uma alíquota da solução, a qual teve sua leitura produzida no Colorímetro – Elisa Reader, calibrado para absorbância de 490 nm (CHOs) e 550 nm (N-NH₃). O equipamento analisa as diferentes concentrações da solução padrão, estabelece a equação de regressão e, em função dos valores de absorbância das amostras, fornece valores expressos em concentração.

Para a determinação dos teores de ácido láctico foi utilizada a metodologia adaptada de Pryce (1969). As leituras de absorbância foram realizadas pelo espectrofotômetro, modelo 6405 UV/Vis., da marca Jenway®, calibrado para comprimentos de onda de 565 nm.

5.2.1.10 Mensuração do tamanho médio de partículas

Para esta mensuração foi utilizado o método adaptado da estratificação de partículas “Penn State Particle Size Separator”, proposto pela Universidade da Pensilvânia (LAMMERS; BUCKMASTER; HEIRINCHS, 1996). Uma terceira peneira, contendo orifícios de maior diâmetro, foi introduzida por Mari e Nussio (2002) e, se justifica quando as espécies em questão são gramíneas tropicais.

O cálculo desta variável encontra-se descrito no item 4.2.1.17, representado pela equação 4. O tamanho médio máximo, retido na peneira de maior diâmetro foi definido como sendo de 65 mm.

5.2.1.11 Quantificação das perdas na abertura e RMS

A pesagem da areia contida nos baldes, no momento da abertura, subtraído seu peso original, possibilitou a estimativa do efluente produzido, o qual foi expresso em quilos de efluente produzidos por tonelada de forragem úmida, conforme Equação 1, descrita no item 4.2.1.10.

Para quantificação dos gases produzidos, expressa em percentual da MS, foi utilizada a Equação 2, descrita no item 4.2.1.11. No item 4.2.1.12 foi demonstrado o cálculo do RMS, por meio da Equação 3.

5.2.1.12 Determinação da estabilidade aeróbia das silagens

A estabilidade aeróbia das silagens foi avaliada pelo monitoramento da temperatura, pH e perdas de MS das silagens expostas ao ar, segundo método adaptado de Kung Jr. (2000). Após a abertura dos silos experimentais, uma amostra de silagem de aproximadamente 4,0 kg foi acondicionada em baldes de plástico sem tampa, os quais foram alojados em sala climatizada com temperatura controlada (24 a 25°C).

No centro geométrico dos baldes foram introduzidos sensores eletrônicos de temperatura (Dataloggers), os quais foram programados para medirem a temperatura em intervalos fixos de 60 minutos. Esta determinação teve duração de 240 horas, momento em que os dados armazenados nos sensores foram transferidos para um microcomputador e processados pelo programa computacional fabricado pela Dickson[®], Addison, USA. No momento inicial da avaliação, 120 e 240 horas foram coletadas amostras de silagens no centro geométrico dos baldes para determinação dos teores

de MS. Portanto, os dados coletados permitiram inferir valores de perdas de MS durante todo período de exposição aeróbia das silagens.

5.2.1.13 Análise estatística dos dados

Todas as variáveis foram analisadas pelo procedimento GLM do programa estatístico SAS, versão 8.02 para Windows® (SAS, 2001). O delineamento se caracterizou como sendo inteiramente casualizado, disposto em um arranjo fatorial 3 x 5 (três teores de umidade e cinco aditivos).

A discussão dos resultados foi realizada com base na interação dupla (desde que houvesse significância dos efeitos isolados). Na ausência de interação, a discussão foi pautada nos efeitos isolados. O recurso SLICED do programa SAS foi utilizado antes do desdobramento da interação teor de umidade x aditivo.

Para efeito de comparação de médias entre tratamentos foi utilizado o teste Tukey, com nível de significância de 5 %.

5.2.2 Resultados e Discussão

Os valores médios dos parâmetros avaliados, o coeficiente de variação, assim como o grau de significância dos efeitos (teor de umidade e aditivo) e interação (teor de umidade x aditivo) estão apresentados nas Tabelas 30 e 31.

Tabela 30 – Estatística descritiva referente ao valor nutritivo das silagens

Variáveis ¹	Valor Médio	CV (%)	Valores		Efeitos		Interação
			Mínimo	Máximo	Umi	Adi	Umi xAdi
MS, %	27,5	2,8	23,5	31,0	*	*	ns
Cinzas, % MS	8,6	6,9	7,2	12,3	*	*	*
FDN, % MS	64,7	2,2	61,1	68,0	*	*	**
FDA, % MS	35,9	2,4	33,4	38,7	*	*	*
HEMI, % MS	28,8	3,3	26,1	31,8	*	*	ns
PB, % MS	7,9	3,8	6,5	9,4	*	*	*
NT, % MS	1,4	4,2	1,17	1,74	*	*	*
N-NH ₃ , % NT	10,5	11,9	5,9	14,8	*	*	**
N-NH ₃ , % MS	0,15	13,7	0,08	0,24	*	*	ns
CHOs, % MS	3,27	28,6	1,06	6,40	*	*	ns
Ac Láctico, % MS	3,31	13,3	0,57	5,78	*	*	*
DVIVMS, % MS	59,9	1,7	57,8	62,7	*	**	**
DVIVMO, % MO	58,9	1,3	56,1	62,7	*	*	*

¹ HEMI - Hemicelulose; NT – Nitrogênio Total; CHOs – Carboidratos Solúveis.

² Teor de Umidade (Controle ou Adição PCP ou Adição CSP); Aditivos (Ausente ou Inoculante Bacteriano ou Benzoato de Sódio ou Ácido Fórmico 62% ou Ácido Fórmico 44%).

* (p<0,01); ** (p<0,05); ns – não significativo.

Tabela 31 – Estatística descritiva referente aos parâmetros físicos e estabilidade aeróbia das silagens

Parâmetros ¹	Valor Médio	CV (%)	Valores		Efeitos ²		Interação
			Mínimo	Máximo	Umi	Adi	Umi xAdi
pH	4,1	1,4	3,8	4,7	*	*	*
DMS, kg/m ³	164	5,6	141	184	*	ns	ns
DMV, kg/m ³	596	3,8	566	631	ns	ns	*
Part, mm	32	9,8	27	39	*	ns	ns
Gases, % MS	3,7	51,3	0,6	8,6	*	*	*
Efluen, kg/t MV	8,5	22,2	3,3	25,3	*	*	*
RMS, % MS	95,5	2,0	90,5	98,9	*	*	*
Perda MS, 120	6,4	8,8	5,4	7,4	*	**	ns
Perda MS, 240	11,5	8,0	9,0	13,6	*	*	**
EA, h	170	12,6	69	240	*	*	*
Tmáx, °C	25,9	6,2	21,9	31,8	*	*	*
TTmax, h	169	22,9	50	239	ns	*	**
ADITE 120, °C	-48	-69,1	-124	189	*	*	*
ADITE 240, °C	141	52,9	-178	551	*	*	*

¹ DMS – Densidade da Matéria Seca; DMV – Densidade da Matéria Verde; Part – Tamanho de Partícula; Efluen – Efluente; RMS – Recuperação de Matéria Seca; Perda MS 120 e 240 – Perda de Matéria Seca em aerobiose acumulada em 120 e 240 horas; EA – Estabilidade Aeróbia; Tmáx - Temperatura máxima em aerobiose; TTmax - tempo necessário para se atingir a temperatura máxima em aerobiose; ADITE 120 e ADITE 240 - acúmulo da diferença média diária entre a temperatura das silagens em aerobiose e a temperatura ambiente em 120 e 240 dias.

² Teor de Umidade (Controle ou Adição PCP ou Adição CSP); Aditivos (Ausente ou Inoculante Bacteriano ou Benzoato de Sódio ou Ácido Fórmico 62% ou Ácido Fórmico 44%).

* (p<0,01); ** (p<0,05); ns – não significativo

5.2.2.1 Avaliação da composição químico-bromatológica

5.2.2.1.1 Teores de matéria seca e cinzas

Ao considerar o teor de MS da silagem com teor de umidade original, não aditivada (23,5%), este se apresentou 8,1% inferior ao valor apresentado pela forragem úmida (25,4%). Esta redução é fruto do processo de respiração, no qual há liberação de CO₂ e H₂O.

Segundo Rotz e Muck (1994) este processo se inicia após o corte da forragem e perdura até o fechamento dos silos. O calor, produto do processo respiratório de enzimas da planta, bactérias aeróbias e leveduras, não é prontamente dissipado nos silos, o que acarreta em aumento da temperatura da forragem, bem como redução dos teores de MS.

Os resultados referentes ao teor médio deste parâmetro, descritos na Tabela 32, demonstraram a eficácia das fontes absorventes em elevar o teor de MS das silagens. A adição de 10% de PCP ou CSP, em base da forragem úmida, contemplou a proposta inicial, que era de elevar o teor médio de MS das silagens.

As silagens com teor de umidade original (controle) apresentaram o menor valor médio (24,2%), tendo diferido daquelas acrescidas de PCP (29,4%) ou CSP (28,9%), as quais tiveram incremento de 21,5 e 19,4% nos teores médios de MS, respectivamente.

Tabela 32 – Teor de matéria seca das silagens submetidas ao efeito teores de umidade

Parâmetro	Teor Umidade		
	Controle	Adição PCP	Adição CSP
MS*, %	24,2 ^b	29,4 ^a	28,9 ^a

* Erro padrão da média = (0,2).

Médias seguidas de diferentes letras diferem entre si (P<0,05).

Os valores apresentados acima foram semelhantes aos verificados por Bergamaschine et al. (2006), que ao ensilarem o capim Marandu com 60 dias de rebrotação, verificaram teores de MS de 24,7 e 29,1%, em silagens não tratadas e acrescidas de 10% de PCP, respectivamente.

Os resultados também concordam com os obtidos por Tomich, Messias e Sereno (2006), que observaram incremento de 12,2% no teor de MS das silagens confeccionadas com folhas de capim Elefante, acrescidas de 10% de casca de soja (40,5%), quando comparadas à silagem controle (36,1%).

As duas fontes absorventes utilizadas no presente experimento, compartilharam do mesmo teor de MS (93%). Sendo assim, ao adicionar estes materiais absorventes a forragem úmida, que continha alto teor de umidade (24,5%), no momento da ensilagem, era esperado que houvesse o incremento deste parâmetro.

No capítulo 3, a mesma forragem ensilada no verão, com 49 dias de crescimento vegetativo, produziu silagens não tratadas com teor médio de MS de 20,7%. Naquela ocasião, a adição de 7,5% de PCP propiciou aumento de 18,4% no teor médio de MS, o qual foi inferior ao observado no presente experimento, uma vez que a participação percentual de PCP foi menor.

A forragem que deu origem as silagens, com teor de umidade original, apresentou teor médio de MS, 2,5 unidades percentuais superior ao valor observado para a forragem colhida no capítulo 3. O maior teor de MS, no presente experimento, poderia ser explicado pelo regime pluviométrico mais ameno, visto que nos últimos 30 dias que antecederam a colheita, a precipitação pluviométrica foi de 154 mm, bem inferior aos 302 mm observados no capítulo 3.

A menor incidência de chuva pode ter provocado no solo e, conseqüentemente, na planta, redução do teor de umidade. Embora a diferença entre as idades de colheita tenha sido de apenas cinco dias, esta pode ter contribuído, mesmo de maneira mais modesta, para o aumento deste valor.

Os aditivos químicos se mostraram efetivos em alterar os teores de MS das silagens (Tabela 33). Os maiores teores médios de MS foram verificados nas silagens aditivadas com ácido fórmico (AF44 e AF62), as quais não diferiram entre si. Situação oposta foi observada quando as silagens foram aditivadas com benzoato de sódio e naquelas não inoculadas, visto terem apresentado os menores teores de MS.

Tabela 33 – Teor de matéria seca e produção de gases das silagens submetidas ao efeito dos aditivos

Parâmetros	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
MS*, %	26,8 ^c	27,4 ^{bc}	26,9 ^c	27,9 ^{ab}	28,5 ^a
Gases**, % MS	6,3 ^a	3,6 ^b	4,1 ^{ab}	1,3 ^c	3,0 ^{bc}

* Erro padrão da média = (0,2); ** Erro padrão da média = (0,6)

Médias na linha seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Ao aplicar ácido fórmico puro (5,4g/kg forragem úmida) em silagens de Azevém perene, Nsereko e Rooke (2000) também verificaram aumento no teor de MS (13,8 para 16,6%). Segundo os autores a presença deste ácido foi responsável pela redução das

perdas fermentativas. O mesmo comportamento foi observado, visto que o AF62 e AF44 propiciaram menores perdas por gases (Tabela 33).

Durante a fase de aerobiose, a aplicação do ácido fórmico pode ter propiciado maior preservação da MS, pois segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), este ácido é efetivo em inibir o processo de respiração.

Tabela 34 – Teor de cinzas (% MS) das silagens de capim Marandu, submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	12,3 ^{aA}	9,9 ^{bA}	9,9 ^{bA}	8,4 ^{bc}	7,9 ^c
Adição PCP	10,0 ^{aB}	8,4 ^{bB}	7,8 ^{bB}	7,7 ^b	7,2 ^b
Adição CSP	9,4 ^{aB}	7,2 ^{bB}	7,7 ^{bB}	7,2 ^b	8,0 ^{ab}

* *Erro padrão da média* = (0,3)

Médias na coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Médias na linha seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si ($P < 0,05$).

O capim Marandu, em sua umidade original, colhido com 54 dias de rebrotação, apresentou teor médio de cinzas de 10,9% (Tabela 30). Provavelmente, a amostra que representou a forragem não aditivada foi superestimada, pois o teor de cinzas de 15,3% excedeu os valores observados na literatura e pode ter sido resultado da contaminação por terra, em decorrência de uma possível irregularidade do solo.

Caso esta amostra seja desconsiderada, o teor médio de cinzas da forragem passa a ser de 9,0%, superior ao valor de 8,1% observado por Mari (2003) quando a mesma espécie forrageira foi colhida com 60 dias de crescimento vegetativo. Porém foi inferior ao teor médio de 10,9% apresentado pelo capim Marandu, mantido em quatro alturas de manejo, na estação de verão (ANDRADE, 2003).

A literatura consultada mostrou que este parâmetro é muito influenciado pela contaminação por terra. Sendo assim, diferentes alturas de resíduo, irregularidades do solo, distribuição espacial da planta, ou até mesmo as condições climáticas no momento da colheita, podem interferir a participação de terra na massa de forragem

colhida. Portanto, a comparação de resultados deve ser realizada com cautela. Na tabela 34 podem ser observados os teores de cinzas das silagens.

Se analisado isoladamente, o teor médio de cinzas das silagens com umidade original (9,7%), foi muito próximo do valor encontrado por Mari (2003), em silagens de capim Marandu, confeccionadas no verão, com idade de rebrotação de 60 dias (9,5%).

O desdobramento da interação teor de umidade x aditivo, dentre dos aditivos, mostrou redução dos teores de cinzas quando as silagens não aditivadas ou inoculadas com bactérias ácido lácticas ou aditivadas com benzoato de sódio foram acrescidas de PCP e CSP. A redução da fração mineral das silagens, quando na presença destes subprodutos agroindustriais, em parte, pode ser explicada por seus baixos teores de cinzas. A análise bromatológica destes subprodutos (PCP e CSP) revelou teores de cinzas de 6,1 e 4,2%, respectivamente.

O mesmo comportamento foi observado por Igarasi (2002) e Paziani (2004) ao adicionarem ao capim Tanzânia, no momento da ensilagem, 15% de PCP e 16% de grão moído de milho a forragem úmida, respectivamente. Estes autores reportaram redução dos teores de cinzas em silagens acrescidas de fontes absorventes (10,4% na presença de PCP e 8,4% na presença de milho) quando comparadas àquelas não tratadas (13,2% e 11,8%, respectivamente).

No presente experimento e nos citados acima, a inclusão das fontes absorventes tiveram pequena participação na massa de forragem úmida, tendo variado de 10 a 16%. Estes percentuais, não justificariam a redução tão significativa dos teores de cinzas das silagens. Não fosse verdade esta afirmação, aquelas aditivadas com AF62 e AF44 e acrescidas de PCP e CSP deveriam ter apresentado o mesmo comportamento e diferido das silagens com teor de umidade original, o que não foi observado (Tabela 34).

Portanto, o decréscimo dos teores de cinzas poderia ser melhor explicado pelas perdas ocorridas durante o processo fermentativo, representadas, neste caso, pelas perdas por gases, visto que a produção de efluente foi restrita. A elevação nas perdas por gases é resultado da maior oxidação de sólidos solúveis (matéria orgânica), que por consequência, propiciaria maior concentração da fração mineral.

A explicação das silagens aditivadas com AF62 e AF44 não terem diferido quanto aos teores de cinzas, quando avaliadas nos diferentes teores de umidade, estaria no fato das mesmas não terem diferido quanto à produção de gases (Tabela 33). O desdobramento da interação, dentro dos teores de umidade, mostrou que as silagens não aditivadas apresentaram os maiores teores de cinzas e as maiores perdas por gases. Esta constatação foi observada nos três diferentes teores de umidade, o que ratifica a correlação positiva existente entre estes dois parâmetros.

5.2.2.1.2 Teores de proteína bruta e nitrogênio amoniacal

Os teores de PB variaram de 6,5% (silagem com CSP e não aditivada) a 9,4% (silagem aditivada com AF62 e teor de umidade original), como mostra a Tabela 35. Com exceção da silagem acrescida de CSP e não aditivada, as demais respeitaram o teor mínimo de 7% PB, necessário na nutrição de animais ruminantes, para que sejam supridas as perdas endógenas desta fração.

Tabela 35 – Teores de proteína bruta e de nitrogênio amoniacal das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Proteína Bruta* (% MS)					
Controle	7,6 ^{cA}	8,9 ^{abA}	8,5 ^{bA}	9,4 ^{aA}	9,2 ^{abA}
Adição PCP	7,8 ^A	7,8 ^B	7,6 ^B	7,4 ^B	7,4 ^B
Adição CSP	6,5 ^{bB}	7,7 ^{aB}	7,7 ^{aB}	7,3 ^{aB}	7,9 ^{aB}
N-NH ₃ ** (% N Total)					
Controle	10,9 ^{abA}	7,9 ^b	9,4 ^{bA}	13,7 ^a	13,3 ^a
Adição PCP	7,1 ^{bB}	6,6 ^b	5,9 ^{bB}	12,3 ^a	13,2 ^a
Adição CSP	11,9 ^{abA}	9,0 ^{bc}	7,9 ^{cAB}	13,0 ^a	14,8 ^a

* Erro padrão da média = (0,2); ** Erro padrão da média = (0,6)

Médias na coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas, para a mesma variável, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha seguidas de diferentes letras minúsculas, para a mesma variável, diferem entre si (P<0,05).

A comparação entre as silagens e suas respectivas forragens controle, caracterizou pequena alteração do teor médio de PB. Para as silagens com teor de umidade original ou acrescidas de CSP não foi verificado proteólise, que ocorreu somente nas silagens com PCP, as quais tiveram redução de 7,3% no teor de PB (8,2% nas silagens e 7,6% nas forragens). A restrição da proteólise sugere que o tempo de ensilagem exerceu pequeno efeito no teor de PB das silagens.

Considerando apenas a silagem não tratada, o teor de PB do presente experimento (7,6%) foi semelhante ao verificado no capítulo 3, para a silagem confeccionada no verão (7,7%). É provável, que a maior idade de rebrotação (54 vs. 49 dias) tenha sido compensada pela maior altura de corte da forragem no presente experimento.

O teores de PB apresentados pela forragem úmida, acrescida de PCP ou de CSP foram de 7,4, 6,3 e 10,2%, respectivamente. Assim como foi ressaltado para o teor de cinzas, a presença de 10% destes subprodutos na forragem úmida, não é suficiente para justificar um incremento significativo no teor de PB, no caso da CSP e, redução deste parâmetro na presença de PCP.

É bem verdade, que os teores de PB da PCP e, principalmente, da CSP foram inferiores aos valores de 7,0% preconizado para PCP (VAN SOEST, 1994) e 12,2% descritos pelo NRC (1996), para casca de soja. Ao avaliarem o teor de PB da casca de soja, Restle et al. (2004) verificaram valor de 12,2%, superior aos 10,6% observados por Ezequiel et al. (2006).

Por ser tratar de um subproduto, obtido da extração do óleo, diferenças no processamento, bem como uma possível reação de Maillard durante a peletização, podem ter contribuído para redução da fração protéica da CSP.

O desdobramento da interação teor de umidade x aditivo, dentro dos aditivos, denotou que as silagens aditivadas, acrescidas de PCP e CSP, apresentaram os menores teores médios de PB (7,6 e 7,4%, respectivamente), tendo diferido das silagens com teor de umidade original (8,7%). Este comportamento não era esperado, uma vez que estas fontes absorventes foram efetivas em elevar o teor de MS das silagens (29,4 e 28,9%, respectivamente) e não diferiram daquelas com teor de umidade original, quanto a densidade da MV (Tabela 44).

Não concorda ainda com os relatos de Woolford (1984), segundo o qual maiores incidências de proteólise ocorrem em materiais com teor de umidade mais elevados, bem como os relatos de Rotz e Muck (1994), que preconizaram o teor de MS de 30%, como sendo o ideal para limitar o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*.

McDonald, Henderson e Heron (1991) atribuem às fontes absorventes, maior pressão osmótica, que controlaria microrganismos não osmotolerantes. Parâmetros como condutividade elétrica, teor de ácido butírico e declínio do pH, durante o processo fermentativo, auxiliariam na explicação destes resultados.

Com exceção das silagens acrescidas de PCP, em que não houve efeito dos aditivos, nas demais silagens, todos os aditivos químicos, bem como o inoculante bacteriano propiciaram incremento ou maior preservação da fração protéica. Nos aditivos contendo ácido fórmico (AF62 e AF44), a maior preservação na fração protéica seria explicada pela menor ocorrência de proteólise e deaminação, decorrente do controle de microrganismos indesejáveis (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Estes dois aditivos também apresentam em sua composição o sal formato de amônio, que no processo de dissociação libera ácido fórmico e amônia. A amônia é muito efetiva em preservar CHOs, resultado da sua efetividade em controlar fungos e leveduras.

A disponibilização da amônia propiciou incremento da fração nitrogenada, o que pode explicar o aumento no teor de PB das silagens. Este fato pode ser confirmado pelo trabalho desenvolvido por Huber, Foldager e Smith (1979), que verificaram recuperação média de 95% do N aplicado, após disponibilizarem às silagens de milho doses de 0,51 e 1,92% de amônia.

O maior teor de PB também observado nas silagens aditivadas com benzoato de sódio foi resultado da propriedade antimicrobiana e da efetividade deste sal em reduzir os valores de pH das silagens (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). No caso do inoculante bacteriano, contendo bactérias ácido lácticas, houve provavelmente rápida queda do pH, o que pode ser suposto, uma vez que as silagens inoculadas com *L. plantarum* e *Pediococcus acidilactici* apresentaram os menores valores de pH e os maiores teores de ácido láctico.

A acidificação do meio pode ter sido o fator desencadeador da menor atuação de *Clostridium proteolítico* (Tabela 36), responsável pela fermentação de aminoácidos como produto de vários ácidos, amônia e aminas (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A redução do pH e o aumento da pressão osmótica são responsáveis pela inibição deste gênero de bactérias.

A avaliação do teor de N-NH₃ (% N Total) das silagens (Tabelas 35 e 36) é um complemento para a discussão da fração nitrogenada. Os tratamentos que representaram a amplitude de variação foram a silagem acrescida de PCP e aditivada com benzoato de sódio (5,9%) e aquela contendo CSP e aditivada com AF44 (14,8%). Ao ensilar a mesma espécie forrageira, Bergamaschine et al. (2006) observaram nas silagens controle e inoculadas com aditivo enzimático-bacteriano teores de N-NH₃ muito superiores (34,8 e 27,8%, respectivamente).

Baseado na proposta de McDonald, Henderson e Heron (1991), as silagens aditivadas com benzoato de sódio e inoculadas com bactérias ácido lácticas podem ser classificadas como desejáveis (teor de N-NH₃ inferior a 10% N Total), enquanto as demais, cujos teores de N-NH₃ permaneceram entre 10 e 15%, se enquadrariam como aceitáveis.

Apesar das enzimas proteolíticas e enterobactérias atuarem no processo de proteólise, resultando na síntese de N-NH₃, Jobim e Gonçalves (2003) ressaltam que um pequeno número de bactérias dessa família exerce papel relevante na fermentação das silagens e, portanto, tem pouco efeito sobre a qualidade das mesmas.

Em adição, Heron, Edwards e McDonald (1986) demonstraram que embora a proteólise seja, predominantemente, resultado da atividade das enzimas da planta, a degradação dos aminoácidos é influenciada principalmente pela atividade microbiana. Baseado nestes autores, a eficiência dos tratamentos em reduzir a síntese de N-NH₃, no presente experimento, pode ter sido resultado de um controle mais efetivo nas bactérias do gênero *Clostridium*.

Os aditivos contendo ácido fórmico foram responsáveis pela maior síntese de N-NH₃ (% N Total) nas silagens (Tabelas 35 e 36). Embora estes tratamentos tenham diferido da silagem não aditivada, apenas quando na presença de PCP, nos demais teores de umidade, foram detentores dos maiores valores deste parâmetro. Com a

dissociação do formato de amônio, componente destes aditivos, houve liberação de amônia, o que pode explicar o incremento do N-NH₃ nestas silagens.

Pela dificuldade de interpretar a ação dos aditivos na presença de PCP ou CSP, a avaliação do efeito aditivo, de forma isolada, mostrou que o benzoato de sódio e o inoculante bacteriano foram os tratamentos responsáveis pelos menores teores de N-NH₃ (7,7 e 7,8% N Total, respectivamente), tendo diferido da silagem não aditivada (Tabela 36).

Tabela 36 – Teor de nitrogênio amoniacal das silagens submetidas ao efeito dos aditivos

Parâmetro	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
N-NH ₃ , % N Total	9,9 ^b	7,8 ^c	7,7 ^c	13,0 ^a	13,8 ^a

* Erro padrão da média = (0,4)

Médias na linha seguidas de diferentes letras, diferem entre si (P<0,05).

Ao elevarem os teores de MS da silagem de capim Marandu com a inclusão de PCP, Bergamaschine et al. (2006) não verificaram incremento do teor de PB, mas sim redução significativa dos teores de N-NH₃, fato observado no presente experimento, quando o efeito teor de umidade foi avaliado isoladamente. O teor médio de N-NH₃ das silagens acrescidas de PCP (9,0%) diferiu daqueles observados nas silagens com teor de umidade original (11,0%) e acrescidas de CSP (11,3%).

5.2.2.1.3 Teores de fibra insolúvel em detergente neutro e fibra insolúvel em detergente ácido

Os resultados referentes aos teores de FDN e FDA podem ser observados na Tabela 37. A silagem controle apresentou os menores valores de FDN (61,1%) e FDA (33,4%). Ao ensilarem a mesma espécie forrageira, com 60 dias de crescimento vegetativo, no verão, Mari (2003) e Bergamaschine et al. (2006) verificaram teores de

FDN (70,1 e 73,0%, respectivamente) e FDA (39,7 e 42,7%, respectivamente) bem superiores aos do presente experimento.

Tabela 37 – Teores de fibra insolúvel em detergente neutro e detergente ácido das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
FDN* (% MS)					
Controle	61,1 ^c	62,7 ^{bc}	64,0 ^{abcB}	66,2 ^{ab}	66,6 ^a
Adição PCP	63,9 ^b	65,2 ^{ab}	68,0 ^{aA}	68,0 ^a	65,6 ^{ab}
Adição CSP	61,7 ^b	61,7 ^b	64,0 ^{abB}	65,4 ^a	66,0 ^a
FDA** (% MS)					
Controle	33,4 ^{bB}	34,6 ^{abB}	36,5 ^a	35,0 ^{ab}	35,4 ^{ab}
Adição PCP	36,1 ^{bcA}	36,9 ^{abA}	38,7 ^a	36,2 ^{bc}	34,6 ^c
Adição CSP	35,6 ^{abAB}	35,4 ^{bAB}	37,7 ^a	36,6 ^{ab}	36,1 ^{ab}

* Erro padrão da média = (0,7); ** Erro padrão da média = (0,4)

Médias na coluna seguidas de diferentes letras maiúsculas, para a mesma variável, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha seguidas de diferentes letras minúsculas, para a mesma variável, diferem entre si (P<0,05).

No capítulo 3, as silagens confeccionadas no verão, não emurchecidas e inoculadas com bactérias lácticas, também apresentaram teores médios de FDN (67,0%) e FDA (42,8) superiores aos valores observados pelos mesmos tratamentos neste capítulo (61,9% FDN e 34,0% FDA).

Caso fosse considerada somente a idade de rebrotação, o resultado não seria condizente com a literatura, visto que a forragem que deu origem as silagens deste capítulo, foram colhidas com 54 dias de rebrotação, portanto, cinco dias a mais que a forragem empregada no capítulo 3.

Dois fatores podem, conjuntamente, explicar este resultado. O primeiro se refere a maior altura do corte do resíduo, observada no presente experimento, o que prediz que a participação da fração colmo tenha sido inferior. Ao avaliar os teores de FDN das

frações lâmina foliar e colmo, em capim Marandu colhido no verão, Gerdes et al. (2000) verificaram maiores teores de FDN na fração colmo (77,2 e 74,0%).

É provável que esta diferença só não tenha sido maior, pois a forragem foi colhida com 35 dias de crescimento vegetativo, momento em que a fração colmo ainda é jovem e não foi submetida ao maior incremento de parede celular, o que lhe é conferido geneticamente.

O segundo fator estaria relacionado às condições climáticas vigentes durante o período de crescimento da forragem. No verão de 2003, a forragem foi submetida a uma maior radiação solar (429 vs 399 cal/cm/dia), maior insolação (6,0 vs. 5,1 h/dia), maior precipitação pluviométrica (316 vs. 300 mm) e maior temperatura média (25,2 vs. 24,7°C) quando comparada àquela colhida no verão de 2006.

No capítulo 3, é provável que tenha havido maior produção de biomassa, com atuação da matriz extracelular, a qual teria propiciado a conversão de células do tipo parênquima naquelas do tipo esclerênquima. Sendo assim, pode ter havido incremento da síntese de carboidratos estruturais, os quais compõem a PC.

A adição de fontes absorventes as silagens, não resultou em alteração dos teores de FDN. A avaliação da fração fibrosa destes aditivos mostrou valores de FDN de 27,7 e 71,0% para PCP e CSP, respectivamente. Com o acréscimo de 10% destas fontes a forragem úmida, as silagens resultantes deveriam ter apresentado menores teores de FDN na presença de PCP e maiores teores quando acrescidas de CSP. O mesmo comportamento deveria ter sido observado nos teores de FDA, uma vez que a PCP e CSP apresentaram valores de 18,2 e 52,1%, respectivamente. Contrariando a literatura, os resultados esperados não foram observados.

O desdobramento da interação teor de umidade x aditivo, dentro dos teores de umidade, mostrou que a inoculante bacteriano não alterou os teores de FDN e FDA, independentemente do teor de umidade das silagens. Ao utilizarem um aditivo enzimático-bacteriano, Bergamaschine et al. (2006) também não verificaram alteração da fração fibrosa. Estes inoculantes, quando na ausência de enzima fibrolítica, são praticamente incapazes de alterar os constituintes da PC.

Os aditivos contendo ácido fórmico e formato de amônio foram efetivos em incrementar os teor de FDN das silagens. Kung Jr. et al. (2000) não observaram

alteração dos teores de FDN e FDA quando silagens de milho foram aditivadas com diferentes doses de amônia e ácido propiônico, o qual se faz presente na composição do aditivo AF44. Ao avaliarem o efeito do ácido fórmico isoladamente, também em silagens de milho, Baytok et al. (2005) não verificaram alteração da fração fibrosa quando estas foram comparadas à silagem não aditivada.

Estes relatos, somados a maior preservação de PB e CHOs (sólidos solúveis) em silagens tratadas com AF62 e AF44, deveria ter se traduzido em redução do teor de FDN e não seu incremento. Estes aditivos não diferiram das silagens não aditivadas quanto a fração FDA, fato condizente com a literatura.

5.2.2.1.4 Teores de carboidratos solúveis e ácido láctico

Quanto aos teores de CHOs, as recomendações descritas pela literatura parecem superestimar a exigência mínima necessária para um processo fermentativo adequado. Segundo Woolford (1984), o teor mínimo de CHOs requerido para uma fermentação adequada seria de 2,2%, tendo como base a forragem úmida.

Partindo deste princípio, e considerando para o cálculo o teor de MS da forragem com umidade original, neste experimento (25,4%), o teor mínimo de CHOs, em percentual da MS, deveria ser de 8,6%. Os valores observados estão bem abaixo desta recomendação, porém não foram responsáveis pela obtenção de silagens de baixo valor nutritivo.

Ao avaliarem o conteúdo de CHOs do capim Tanzânia, ensilados com diferentes aditivos fornecedores de nutrientes, Avila et al. (2006) concluíram que a PCP foi o aditivo que mais contribuiu com o incremento dos teores de CHOs da forragem, o que foi acompanhado da redução do poder tampão. Com a inclusão de 9% de PCP, o coeficiente fermentativo da forragem ($CF = MS + 8 \times CHOs/PT$), que era de 38,0, se elevou para 60,2, um incremento de 58,4%.

No presente experimento, a inclusão de 10% de PCP ou CSP, ao capim Marandu, propiciou aumento de 27,4% (de 25,9 para 33,0) e 22,8% (de 25,9 para 31,8) nos coeficientes fermentativos, respectivamente. Embora estes valores não tenham

sido avaliados estatisticamente, é possível ressaltar a eficiência da inclusão destas fontes absorventes em elevar o coeficiente fermentativo.

Este fato ratifica a importância de se considerar não somente o teor de CHOs, mas também o teor de MS e o poder tampão da forragem ensilada. Mesmo a forragem acrescida de CSP tendo apresentado menor teor médio de CHOs, seu maior teor de MS e menor poder tampão, quando comparada a forragem úmida, resultou em incremento deste coeficiente.

Quanto ao teor de CHOs das silagens, foram verificados efeitos isolados do teor de umidade e do aditivo, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 38 e 39, respectivamente.

Dentre os diferentes teores de umidade, a adição de PCP foi responsável pelo maior teor médio de CHOs (5,22%), tendo diferido das silagens com teor de umidade original (2,25%) e acrescidas de CSP (2,72%). O incremento deste parâmetro na presença de PCP, ratifica sua expressiva contribuição em fornecer ao meio CHOs, um dos principais substratos utilizados no processo fermentativo por bactérias ácido-láticas. Ao determinarem o teor de CHOs da PCP, Rodrigues et al. (2005) verificaram valor de 25,9%.

Tabela 38 – Teor de carboidratos solúveis das silagens submetidas ao efeito dos teores de umidade

Variável	Teor Umidade		
	Controle	Adição PCP	Adição CSP
CHOs (% MS)	2,25 ^b	5,22 ^a	2,72 ^b

* *Erro padrão da média* = (0,22)

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Os aditivos químicos se mostraram efetivos em elevar e/ou preservar CHOs das silagens, o que não foi verificado quando estas foram inoculadas com bactérias ácido lácticas (Tabela 39). Resultado semelhante ao obtido por Bergamaschine et al. (2006), que não verificaram alteração no teor de CHOs da silagem controle (2,67%) ou daquelas acrescidas de inoculante enzimático-bacteriano (2,23%).

Tabela 39 – Teor de carboidratos solúveis das silagens submetidas ao efeito dos aditivos

Parâmetro	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62*	Fórmico44**
CHOs (% MS)	1,82 ^c	2,58 ^{bc}	3,15 ^b	4,69 ^a	4,73 ^a

*Erro padrão da média = (0,27); * Erro padrão da média = (0,28); **Erro padrão da média = (0,31)*
Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Porém, não corrobora com os resultados obtidos por Kung Jr. e Ranjit (2001). Estes autores observaram redução no teor de CHOs residual em silagens de cevada, inoculadas com bactérias lácticas e fontes fornecedoras de açúcar. No entanto, o inoculante contendo cepas distintas de bactérias homoláticas foi efetivo em reduzir o valor de pH (4,1 vs. 4,7) e aumentar o teor de ácido láctico (9,2 vs. 6,0%) das silagens inoculadas, quando comparada à silagem controle.

No presente experimento, o inoculante bacteriano também propiciou incremento do teor médio de ácido láctico e redução do valor médio de pH. Provavelmente, não houve decréscimo nos teores de CHOs, em decorrência da eficiente queda dos valores de pH, desencadeada por cepas distintas de bactérias homoláticas.

Pelos levantamentos de McDonald, Henderson e Heron (1991), há pelo menos duas décadas, a inclusão de fontes fornecedoras de CHOs como substratos para bactérias homoláticas, são consideradas práticas interessantes para o processo fermentativo.

Os aditivos AF62 e AF44 foram os mais eficientes em preservar CHOs. Este resultado poderia ser explicado pela eficiência do ácido fórmico em reduzir os valores de pH, assim que aplicado à forragem. O valor médio de pH da forragem, logo após a aplicação destes aditivos foi de 4,4. A rápida acidificação pode ter inibido a ação de microrgasmos indesejáveis, como é o caso das bactérias do gênero *Clostridium*.

Resultados menos expressivos, mas efetivos, foram observados nas silagens aditivadas com benzoato de sódio (3,15%), que diferiram daquelas não aditivadas (1,82%). Kleinschmit, Schmidt e Kung Jr. (2005) observaram em silagem de milho,

tratada com benzoato de sódio (0,1% na forragem úmida), elevada preservação de CHOs (9,67%) quando comparada a silagem controle (2,70%).

É provável que tenha havido inibição parcial de fermentação secundária, o que pode ter contribuído para maior preservação de CHOs. A presença deste aditivo, utilizado como conservante na indústria de alimentos, foi responsável pelos menores valores de pH e maiores teores de ácido láctico (Tabela 40). Os resultados destes dois parâmetros comprovam que o benzoato de sódio não restringiu a atividade de bactérias ácido lácticas.

Tabela 40 – Teor de ácido láctico (% MS) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	0,57 ^{cB}	4,25 ^a	4,79 ^a	2,35 ^b	2,35 ^b
Adição PCP	5,78 ^{aA}	4,43 ^b	5,55 ^a	1,71 ^d	2,89 ^c
Adição CSP	1,55 ^{bB}	4,19 ^a	4,69 ^a	2,10 ^b	2,49 ^b

* Erro padrão da média = (0,60)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

De acordo com Ferrari Jr. e Lavezzo (2001) teores de ácido láctico de silagens, variando de 1,5 a 2,5%, seriam condizentes com silagens de boa qualidade. Com exceção do teor de ácido láctico apresentado pela silagem não tratada (0,57%), os demais se enquadram no valor mínimo sugerido pelos autores.

Não fossem os teores de ácido láctico das silagens não aditivadas, em que houve efeito do teor de umidade, a interação não teria sido significativa, como mostra a Tabela 40. Na ausência de aditivo, é provável que o fornecimento de substratos fermentecíveis, disponibilizados pela PCP, tenha se refletido em maior atuação de bactérias ácido lácticas epifíticas. Como resultado, a silagem acrescida de PCP apresentou maior teor de ácido láctico (5,78%) e menor valor de pH (3,8).

Na presença dos aditivos químicos ou do inoculante bacteriano, a inclusão de PCP não resultou em maiores teores de ácido láctico. Este fato sugere que estes

aditivos foram efetivos em controlar a atuação de microrganismos indesejáveis, no início do processo fermentativo, mesmo estando à forragem com maior teor de umidade.

Diferentemente da PCP, o menor conteúdo de CHOs, disponibilizados pela CSP, não foi suficiente para que a silagem aditivada (1,55%) diferisse daquela não tratada (0,57%). Contudo, o valor observado, do ponto de vista biológico e mais interessante, e pode ter sido decorrente dos efeitos positivos em se adicionar uma fonte absorvente.

Na avaliação dos aditivos empregados, o benzoato de sódio foi o tratamento responsável pelo maior teor médio de ácido láctico das silagens, independente do teor de MS e da fonte absorvente utilizada. Kleinschmit, Schmidt e Kung Jr. (2005) verificaram situação oposta ao avaliarem este aditivo em silagem de milho. Ao ser comparado ao tratamento controle, os autores observaram que silagens aditivadas com benzoato de sódio apresentaram menor teor de etanol (2,76 vs. 0,74%) e decréscimo da população de leveduras (4,43 vs. 3,47 $\log_{10}$ UFC/g forragem úmida), sendo que o teor de ácido láctico destas silagens foi somente 10% inferior ao tratamento controle.

O presente experimento não avaliou os teores de etanol e a população de microrganismos presente nas silagens. Contudo, é possível afirmar que o benzoato de sódio exerceu ação antimicrobiana mais efetiva em leveduras, e menos em fungos e bactérias (PÖLÖNEN, 2000). Este aditivo não impediu que as bactérias homefermentativas, na presença de substratos fermentescíveis, incrementassem os teores de ácido láctico das silagens.

As silagens inoculadas com bactérias ácido lácticas confirmaram as expectativas e apresentaram elevados teores de ácido láctico, tendo diferido daquelas aditivadas com benzoato de sódio somente na presença de PCP. As duas cepas de microrganismos, provavelmente se mostraram eficientes, atuando em momentos distintos da fermentação, o que pode ter promovido maior disponibilidade de substratos pela forragem e fontes absorventes.

Elevado incremento no teor de ácido láctico, em silagens de gramíneas temperadas, também foi observado por Hetta et al (2003) ao confeccionarem um tratamento contendo bactérias ácido lácticas e melaço. Estes microrganismos são

desejáveis ao longo do processo fermentativo, pois ao consumirem estes CHOs solúveis sintetizam, principalmente, o ácido láctico.

A presença do grupo álcool na composição deste ácido, lhe confere o título de ácido mais forte que o prôpionico, apesar do mesmo número de cadeias carbônicas. Portanto, o maior teor de ácido láctico em silagens, presume que houve rápida redução do pH e, conseqüentemente, maior preservação de alguns nutrientes, como foi observado nas silagens inoculadas.

5.2.2.1.5 Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca e matéria orgânica

O valor nutritivo de um alimento é definido por sua composição químico-bromatológica e digestibilidade, a qual foi determinada neste experimento por meio dos coeficientes de DVIVMS e DVIVMO. Para ambos parâmetros, houve efeito da interação teor de umidade x aditivo. Os coeficientes de digestibilidade se comportaram de maneira distinta, o que não foi observado no capítulo 3. Naquela ocasião, a discussão se baseou na DVIVMS por se tratar do modo mais reportado pela literatura.

No presente experimento, a discussão foi fundamentada na DVIVMO por dois motivos. O primeiro por se tratar de valores mais estáveis, uma vez que a fração mineral não interfere no cálculo. O segundo e mais importante motivo, se refere ao fato deste parâmetro ter apresentado o maior coeficiente de correlação. Em se tratando de parâmetros que tiveram seus valores calculados pelas equações geradas pelo NIRS, é importante que tal correlação seja considerada.

Os coeficientes de DVIVMO variaram de 56,1% (silagem não tratada) a 62,7% (silagem com CSP e inoculada), como mostra a Tabela 41. Estes valores foram maiores que os reportados no capítulo 3. Embora a espécie forrageira e a área de colheita tenham sido semelhantes, fatores ressaltados anteriormente, como adubação, clima, idade de rebrotação e altura de corte, influenciaram os resultados obtidos. Mari (2003) verificou coeficientes de DVIVMO de 63,3 e 55,2% em silagens de capim Marandu confeccionadas com 45 e 60 dias de crescimento, respectivamente.

Ao avaliar a digestibilidade *in vitro* da MS do capim Marandu, colhido com 35 dias de crescimento vegetativo, Gerdes et al. (2000) observaram valor de 65,7%.

Portanto, em se tratando de silagens confeccionadas em silos experimentais, um ambiente mais controlado, os valores de DVIVMO observados no presente experimento respeitam a amplitude de variação reportada pela literatura.

Tabela 41 – Coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria orgânica das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivação				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	56,1 ^{bB}	58,3 ^{aB}	57,4 ^{abB}	58,8 ^{aB}	59,2 ^a
Adição PCP	59,1 ^A	58,3 ^B	57,6 ^{AB}	58,5 ^B	59,4
Adição CSP	58,4 ^{cA}	62,7 ^{aA}	59,5 ^{bcA}	61,3 ^{abA}	59,7 ^{bc}

* Erro padrão da média = (0,4)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

O desdobramento da interação teor de umidade x aditivo indicou a CSP como a fonte absorvente responsável pelos maiores coeficientes de digestibilidade. Apesar de não ter diferido da silagem acrescida de CSP (58,4%), a presença da PCP foi responsável pela maior DVIVMO da silagem não aditivada (59,1%), a qual diferiu da silagem com teor de umidade original (56,1%).

A determinação do coeficiente de DVIVMO da PCP e CSP resultou em valores de 79,6 e 76,1%, respectivamente. Os valores observados foram superiores aos 72,4% (DIVMS) e 63,3% (DIVMO), reportados por Bernardes, Reis e Moreira (2005) e Restle et al. (2004), respectivamente. Provavelmente, esta diferença de valores teria sido inferior, se a digestibilidade obtida por estes autores fosse a verdadeira e não a aparente.

No caso da PCP, a alta digestibilidade é proveniente dos baixos teores de fibra bruta, dos altos teores de CHOs e pela presença da pectina. Quanto a CSP, apesar dos maiores teores de FDN e FDA, este subproduto se caracteriza pelo grande potencial de digestibilidade da fibra. Por essa razão, era esperado maior coeficiente de DVIVMO para as silagens acrescidas das fontes absorventes.

Este comportamento foi observado, principalmente, nas silagens acrescidas de CSP, as quais não diferiram daquelas com teor de umidade original, somente quando aditivadas com AF42. Contudo, a inclusão de CSP resultou em silagens com teores de FDN, FDA e CHOs semelhantes aos das silagens com teor de umidade original, que por sua vez apresentaram maiores teores de PB. A partir da avaliação destas variáveis, esperar-se-ia que não houvesse maior coeficiente de DVIVMO das silagens com CSP.

A explicação para este resultado poderia estar relacionada a maior digestibilidade da fração fibrosa apresentada pela CSP, quando comparada a mesma fração presente na forragem. Sendo assim, apesar de numericamente não ter havido diferença, esta pode ter se mostrado presente durante a determinação da DVIVMO da fração fibrosa.

O efeito dos aditivos se mostrou presente nas silagens com teor de umidade original e acrescidas de CSP. Para estes teores de umidade, foi possível apontar o inoculante bacteriano e AF62 como os tratamentos mais efetivos, tendo em vista que em ambos teores de umidade, apresentaram os maiores coeficientes de DVIVMO e diferiram das silagens não aditivadas.

Ao ensilarem forragens do sul do Chile, com ou sem ácido fórmico e formato de amônio, Siebald et al. (2003) verificaram maior digestibilidade da MO nas silagens ativadas, decorrente do melhor processo fermentativo. No entanto, Rodrigues et al. (2003) não observaram efeito do inoculante contendo *L. plantarum* e *E. faecium*, sobre os teores de PB, CHOs e DIVMS das silagens de capim Elefante.

Os resultados reportados no presente experimento para o inoculante bacteriano não corroboram com os observados por Rodrigues et al. (2003), exceção feita as silagens acrescidas de PCP. No capítulo 3, a presença de bactérias ácido lácticas reduziu o coeficiente de DVIVMO das silagens de verão. Naquela ocasião, o inoculante utilizado não continha cepas de bactérias do gênero *Pediococcus*, as quais provavelmente contribuíram para ocorrência de um melhor processo fermentativo.

Embora menos eficientes que as cepas de *Lactobacillus plantarum*, as bactérias do gênero *Pediococcus* são responsáveis pela redução do pH, quando o ambiente ainda se mostra adverso para atuação das bactérias do gênero *Lactobacillus*. Este fato pode ser comprovado pela maior preservação de PB e menores teores de N-NH₃ das

silagens inoculadas. O teor de CHOs não diferiu estatisticamente das silagens não aditivadas, mas se mostrou numericamente superior, o que pode ter contribuído com o maior coeficiente de DVIVMO.

As silagens aditivadas com AF62, AF44 e benzoato de sódio foram caracterizadas pelos maiores teores de PB e maior preservação de CHOs, tendo diferido daquelas não aditivadas. Contudo, somente as silagens aditivadas com AF64 apresentaram os maiores coeficientes de DVIVMO nos dois teores de MS. O tratamento AF44 se mostrou efetivo somente nas silagens com teor de umidade original (59,2%), fato não observado nas silagens aditivadas com benzoato de sódio, as quais não diferiram das silagens não aditivas.

Este resultado não concorda com o verificado por Pedroso (2003) que adicionou a mesma dose de benzoato de sódio a cana-de-açúcar, no momento da ensilagem. O maior coeficiente de DVIVMS das silagens aditivadas foi decorrente dos menores teores de FDN e FDA, o que não foi observado no presente experimento.

O tratamento contendo benzoato de sódio resultou em maiores teores de FDA, a qual esta diretamente relacionada a digestibilidade. Pela maior preservação de componentes de alta digestibilidade presenciada neste tratamento, era esperado redução da fração fibrosa e, por consequência, aumento do coeficiente de DVIVMO.

5.2.2.2 Avaliação dos parâmetros físicos das silagens

5.2.2.2.1 Valores de pH

Os valores de pH das silagens estão descritos na Tabela 42. A amplitude de variação foi contemplada pelas silagens não inoculadas, as quais apresentaram valores de 3,8 (silagem acrescida de PCP) e 4,7 (silagem com teor de umidade original).

O valor de pH da silagem não tratada foi idêntico ao observado no capítulo 4, para a silagem controle (4,7), confeccionada no verão. Estes valores estão muito próximos daqueles reportados por Bergamaschine et al. (2006) e Reis et al. (2006), que ao ensilarem a mesma espécie forrageira, sem aditivo, verificaram valores de 4,9 e 4,8, respectivamente.

Tabela 42 – Valores de pH das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	4,7 ^{aA}	4,1 ^{bA}	4,1 ^{bA}	4,2 ^b	4,1 ^b
Adição PCP	3,8 ^{cB}	3,9 ^{cB}	3,9 ^{cB}	4,2 ^a	4,0 ^b
Adição CSP	4,6 ^{aA}	4,1 ^{bA}	4,2 ^{bA}	4,2 ^b	4,1 ^b

* *Erro padrão da média* =(0,03)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Esta pequena compilação de dados mostra que as silagens de gramíneas tropicais, normalmente, são acompanhadas de maiores valores de pH, o que pode ou não ser resultado do baixo teor de CHOs. Portanto, como parâmetro isolado, o valor de pH pouco auxiliará na compreensão dos resultados. A velocidade de declínio do mesmo é um parâmetro tão ou mais importante que simplesmente o valor pontual, bem como o teor de umidade meio (WOOLFORD, 1984).

O desdobramento da interação teor de umidade x aditivo, dentro de aditivo, mostrou que a PCP foi responsável pelo maior decréscimo dos valores de pH. Ao ensilar a mesma espécie forrageira, com a mesma participação percentual de PCP, Bergamaschine et al. (2006) também verificaram redução significativa do valor de pH (4,9 para 4,2).

O benefício da inclusão de PCP a forragem úmida, pode não ter se resumido apenas em fornecer CHOs, mas é provável que tenha havido incremento da pressão osmótica do meio, o que seria comprovado pelos maiores teores de MS destas silagens. A maior disponibilidade de substratos fermentescíveis e o controle de microrganismos não osmotolerantes, propiciaram as bactérias epifíticas e aquelas inoculadas, condições favoráveis para reduzirem o pH das silagens.

As silagens acrescidas de PCP só não diferiram daquelas com teor de umidade original ou acrescidas de CSP, quando na presença de ácido fórmico. A ausência de resposta da PCP, quando na presença de aditivos contendo ácido fórmico e formato de

amônio poderia ser justificada pela efetividade deste ácido em reduzir os valores de pH, imediatamente após sua aplicação.

Quando as silagens foram acrescidas de CSP, embora tenham apresentado maiores teores de MS, não diferiram das silagens com teor de umidade original quanto aos valores de pH. Este fato demonstra a maior importância do fornecimento de CHOs, frente ao aumento da pressão osmótica.

Ao submeterem o capim Elefante a diferentes tratamentos, Carvalho et al. (2006) verificaram maior valor de pH (5,2) na silagem que continha 7% casca de soja. Portanto, este subproduto não se caracteriza como fonte de CHOs, o que justifica os maiores valores de pH no presente experimento.

Com exceção das silagens acrescidas de PCP, todos os aditivos químicos e o inoculante bacteriano propiciaram redução dos valores de pH das silagens. Nas silagens tratadas com benzoato de sódio ou inoculante bacteriano foram verificados maiores teores de ácido láctico.

Este ácido é responsável pelo decréscimo do pH, devido ao seu poder de dissociação. Ao fazer uso das mesmas cepas de microrganismos utilizadas no presente experimento, Carvalho et al. (2006) caracterizaram o inoculante como o tratamento mais efetivo em reduzir o valor de pH das silagens de capim Elefante.

A redução dos valores de pH das silagens aditivadas com benzoato de sódio, como resposta a ação antimicrobiana deste sal, não corrobora com os resultados reportados por Kleinschmit, Schmidt e Kung Jr. (2005). Estes autores verificaram maior valor de pH (3,6) e menor teor de ácido láctico (7,4%) da silagem de milho tratada com benzoato de sódio, frente aquela não tratada (3,4 e 8,2%, respectivamente).

A efetividade dos aditivos contendo ácido fórmico em reduzir o pH das silagens com teor de umidade original ou acrescidas de CSP pode ser ratificada pela maior preservação de CHOs destas silagens. O grande poder de dissociação deste ácido orgânico, extremamente forte, foi responsável pelo decréscimo do pH, imediatamente após sua aplicação. Siebald et al. (2003) também reportaram redução de pH e maior preservação de CHOs, quando forragens foram aditivadas com ácido fórmico e formato de amônio.

Do ponto de vista biológico, com exceção dos valores de pH das silagens com teor de umidade original (não aditivada ou acrescida de CSP), as demais apresentaram valores condizentes com os considerados ideais para silagem de milho, cultura padrão quando o assunto é conservação de forragem.

A estes resultados, caberia ressaltar a participação do tamanho médio de partículas, o qual se apresentou muito reduzido, em se tratando de gramíneas tropicais. Por conseguinte, as silagens foram melhor compactadas, fato comprovado pelos altos valores de densidade da matéria verde (DMV) e da matéria seca (DMS). Com a compactação mais eficiente, é provável, que o ambiente anaeróbio se estabeleceu mais precocemente, o que pode ter favorecido a ação de bactérias ácido lácticas, eficientes na redução do pH.

5.2.2.2.2 Tamanho médio de partículas e densidade

A eficiência de compactação é função de inúmeros fatores, dentre os quais o tamanho médio de partículas, o tempo de compactação e o peso exercido sobre a massa ensilada são os mais estudados e efetivos.

No presente experimento, todos os tratamentos apresentaram, no momento da ensilagem, partículas de forragem de igual tamanho, bem como peso e tempo de compactação semelhantes, de modo que os efeitos, caso tenham ocorrido, foram decorrentes somente dos diferentes teores de umidade e/ou dos aditivos.

Os resultados referentes ao tamanho médio de partículas e a DMS podem ser observados na Tabela 43. Os dois parâmetros foram retratados em nível do efeito teor de umidade, uma vez que a interação teor de umidade x aditivo não foi significativa. A ausência do efeito dos aditivos era previsível, haja visto que aditivos químicos e/ou microbianos não exercem influência sobre as frações morfológicas e fibrosas da planta, de maneira a alterar o tamanho médio de partículas. No capítulo 4, a presença dos inoculantes bacterianos também não alterou este parâmetro.

Tabela 43 – Tamanho médio de partículas (mm) e densidade da matéria seca (kg/m³) das silagens submetidas ao efeito dos teores de umidade

Teor de Umidade	Tamanho de Partícula*	Densidade MS **
Controle	38 ^A	145 ^B
Adição PCP	29 ^B	177 ^A
Adição CSP	30 ^B	171 ^A

* Erro padrão da média = (0,7); **Erro padrão da média = (2)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

De acordo com Lavezzo (1985), para que haja compactação eficiente, que culmine na expulsão do oxigênio presente na massa ensilada, o tamanho médio de partículas deve variar de 30 a 50 mm. Ao considerar a média de todos os tratamentos, o tamanho médio de partículas foi de 32 mm, sendo a amplitude de variação de 27 a 39 mm. Em se tratando de gramíneas tropicais, estes valores podem ser considerados adequados, pois propiciaram valor médio da DMV de 596 kg/m³, que se traduziu no processo fermentativo mais eficiente, justificado pelo valor nutritivo das silagens.

Na ausência das fontes absorventes, o tamanho médio de partículas, DMV e DMS das silagens foram de 38 mm, 597 kg MV/m³ e 145 kg MS/m³, respectivamente. Estes valores se aproximam daqueles obtidos por Mari (2003), que ao ensilar a mesma espécie forrageira com 60 dias de rebrotação, em silos experimentais semelhantes, observou tamanho médio de partícula de 36 mm, DMV de 530 kg/m³ e DMS de 104 kg/m³. No entanto, diferem de maneira expressiva do valor médio de DMV (471 kg MV/m³) verificado nas silagens não tratadas no verão, o que foi reportado no capítulo 4.

Quando comparado com os resultados obtidos por Mari (2003), fica evidente que mais fatores, que não somente o tamanho médio de partículas, foram responsáveis pelo maior valor médio da DMV. O valor médio da DMS do presente experimento foi 39,4% superior ao valor verificado pelo referido autor, o que pode ser justificado pelo maior teor de MS das forragens (24,2 vs 19,5%).

A comparação com os resultados do capítulo 4, mostra de maneira evidente a influência do tamanho médio de partículas da forragem sobre o processo de compactação. Naquela ocasião, o tamanho médio de partículas foi de 53 mm, portanto, 39,4% superior aos 38 mm observados no presente experimento. Este fato resultou em

um valor médio de DMV 26,8% inferior naquela ocasião. Deste modo, a compactação menos eficiente pode ter contribuído para o menor valor nutritivo daquelas silagens.

Como ambos experimentos foram realizados no mesmo local, confeccionados pelas mesmas pessoas e utilizaram a mesma colhedora de forragem, é provável que os melhores resultados obtidos nesta ocasião tenham sido decorrentes: da maior altura de corte e, conseqüentemente, menor participação da fração colmo e/ou o conjunto de facas e contra-facas podem ter sido melhor afiados, o que resultou em menor resistência e, portanto, melhor eficiência no processo de colheita.

A adição de 10% de PCP ou CSP a forragem úmida, no momento da ensilagem, propiciou redução do tamanho médio de partículas das silagens (29 e 30 mm, respectivamente), as quais diferiram daquelas com teor de umidade original (38 mm). A inclusão destas fontes absorventes se deu na forma de peletes, os quais são fracionados durante o processo de compactação e após se tornarem úmidos. Sendo assim, estas partículas menores se depositam nas peneiras com orifícios de menor diâmetro, resultando em silagens com menor tamanho médio de partículas.

Estes resultados sugerem menor valor de DMV para estas silagens, embora isto não tenha ocorrido (Tabela 44). Este fato corrobora com os relatos do capítulo 4 e com os resultados obtidos por Paziani (2004), que ao ensilar o capim Tanzânia com 16% de grão de milho grão moído, não verificou redução da DMV, fato que ocorreu com o tamanho médio de partículas.

Resultados semelhantes foram verificados por Tomich et al. (2006), que ao ensilarem folhas de capim Elefante, com doses de casca de soja que variaram de 0 a 20%, não observaram diferença entre os tratamentos no que se referiu ao valor de DMV das silagens.

Portanto, dentre os componentes determinantes da densidade, a influência do tamanho médio de partículas das forragens, até pela participação percentual destas na composição da silagem, se caracterizam como mais importantes que as fontes absorventes.

Se a PCP e a CSP não contribuíram para obtenção de menores valores de DMV, em contrapartida, foram eficientes em elevar os valores de DMS, tendo diferido das silagens com teor de umidade original (Tabela 43). A explicação para estes resultados

se baseia no incremento do teor de MS das silagens, quando acrescidas de PCP (29,4%) ou CSP (28,9%).

Tabela 44 – Densidade da matéria verde (kg/m^3) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	602	607	586	598	591
Adição PCP	631 ^a	566 ^b	614 ^{ab}	608 ^{ab}	581 ^{ab}
Adição CSP	586	602	595	589	583

* Erro padrão da média = (1,1)

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si ($P < 0,05$).

O valor médio de DMS de 145 kg/m^3 em silagens com teor de umidade original e aqueles acima de 170 kg/m^3 , nas silagens acrescidas de fontes absorventes, foram fundamentais em beneficiar o processo fermentativo, que resultou em maior preservação de nutrientes. Isto demonstra que para silagens de gramíneas tropicais, valores de DMS inferiores aos 225 kg MS/m^3 , recomendado por Holmes e Muck (1999), é algo mais do que comum, o que não obrigatoriamente caracterizam as silagens como sendo de baixo valor nutritivo (IGARASI, 2002; MARI, 2003 e PAZIANI, 2004).

5.2.2.2.3 Perdas decorrentes da produção de efluente

A preocupação em preservar o meio ambiente e a redução de perdas no processo fermentativo, têm sido nas últimas décadas, encaradas como metas a serem alcançadas pelos pesquisadores. No capítulo 4, o emurchecimento da forragem se mostrou o tratamento mais eficiente em reduzir a produção de efluente.

No entanto, a falta de equipamentos apropriados em realizar o corte e recolhimento de gramíneas tropicais após o emurchecimento, tem se traduzido em insucesso desta prática, devido às perdas expressivas de MS no campo. Outra possível limitação estaria relacionada às condições climáticas no momento do emurchecimento.

Sendo assim, tratamentos alternativos, como a adição de fontes absorventes passou a ser opção muito difundida nas últimas décadas.

A literatura nacional é rica em experimentos que avaliaram a eficiência da PCP em reduzir as perdas por efluente. Contudo, inexistem aqueles que determinaram tais perdas, quando na presença de CSP. No presente experimento, os resultados bem sucedidos obtidos pela PCP foram compartilhados pela CSP, como descrito na Tabela 45. Não fosse o efeito do aditivo nas silagens com teor de umidade original, a interação teor de umidade x aditivo não teria se mostrado significativa.

Tabela 45 – Produção de efluente (kg/t MV) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	11,5 ^{dA}	13,5 ^{cdA}	20,3 ^{bA}	25,3 ^{aA}	17,1 ^{bca}
Adição PCP	5,0 ^B	3,5 ^B	3,6 ^B	4,4 ^B	4,2 ^B
Adição CSP	4,9 ^B	3,8 ^B	3,3 ^B	3,7 ^B	3,4 ^B

* *Erro padrão da média* = (0,9)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

O desdobramento da interação mostrou que independentemente do aditivo empregado, as fontes absorventes propiciaram redução do efluente produzido, não tendo diferido entre si. As silagens acrescidas de PCP e CSP apresentaram produção média de efluente de 4,1 e 3,8 kg/ t MV, respectivamente. Na presença destas fontes absorventes, o teor médio de MS das silagens se elevou para valores próximos de 30%.

Portanto, corroboram com o teor de MS preconizado por McDonald, Henderson e Heron (1991), segundo os quais, a produção de efluente em silagens com teor de MS variando de 25 a 35%, seria pouco significativa ou nula. Os resultados também seguem comportamento verificado por Fransen e Strubi (1998), que após compilarem três anos de pesquisa, verificaram ausência de efluente em silagens de gramíneas possuidoras de teor de MS acima de 35%.

Os teores médios de MS das silagens com umidade original ou acrescidas de PCP foram 16,9 e 20% superiores aqueles observados, no capítulo 4, para as silagens de verão controle ou acrescidas de PCP, respectivamente. Porém, isto não resultou em menor produção de efluente para as silagens confeccionadas no presente experimento.

O menor tamanho médio de partículas e, por consequência, a maior intensidade de compactação, resultou na maior síntese de efluente (NUSSIO et al. 2002). A diferença numérica foi pouco expressiva, quando os resultados são comparados com aqueles do capítulo 4, provavelmente pelo maior teor de MS na presente ocasião. Estes resultados só comprovam os relatos de Holmes e Muck (1999) e Balsalobre et al. (2001), ratificando a afirmação de que apesar da maior relevância do teor de MS da massa ensilada, outros fatores afetam a produção de efluente.

Todos os aditivos químicos propiciaram aumento da produção de efluente das silagens com teor de umidade original, as quais diferiram daquela não aditivada. As silagens inoculadas não diferiram daquelas não aditivadas, para este parâmetro. O mesmo comportamento foi verificado por Haig (1999) ao inocular gramíneas temperadas com cepas de *L. plantarum*, *Pediococcus* spp e enzimas. Porém, discorda do autor quanto à presença de ácido fórmico, visto que o mesmo observou pequeno efeito deste ácido na produção de efluente.

A maior síntese de efluente, na presença de ácido fórmico e seus sais, foi retratada por McDonald, Henderson e Heron (1991). É provável, que este ácido orgânico seja responsável por deprimir o valor do pH abaixo do pK_a , para a maioria dos ácidos graxos. Sendo assim, a quantidade de ácidos graxos não dissociados aumentaria em mais de 50 vezes e, isto poderia induzir o maior extravasamento do conteúdo celular.

Esta hipótese foi observada no experimento em questão, pois na presença dos aditivos AF62 e AF44 e, na ausência de aditivação, os valores médios de condutividade elétrica (CE) da massa ensilada foram de 1,37, 1,21 e 0,93 mS/cm, respectivamente (Tabela 44). Quanto maior os valores de CE, maior o extravasamento do conteúdo celular.

O maior valor médio de CE apresentado pelos tratamentos contendo AF62 (62% de ácido fórmico) foi acompanhado da maior produção de efluente (Tabela 45). O

mesmo raciocínio se aplica ao AF44 (44% de ácido fórmico) e aos tratamentos sem aditivo. Portanto, estes três tratamentos diferiram entre si quanto ao efluente produzido, podendo a explicação estar pautada na quantidade de ácido orgânico aplicada.

Dentre as silagens com teor de umidade original, aquela aditivada com benzoato de sódio apresentou incremento de 76,5% na produção de efluente quando comparada a silagem não aditivada. Pedroso (2003) reportou resultado semelhante, visto que nas silagens de cana-de-açúcar tratadas com benzoato de sódio, a produção de efluente diferiu da silagem controle, com incremento de 79,0%.

É provável que a forma não dissociada deste sal tenha atravessado a parede celular e, uma vez no citoplasma, liberado seus prótons. Como consequência pode ter havido lise, com extravasamento de conteúdo celular. A não determinação da condutividade elétrica das silagens, no momento da abertura, não permite confirmação desta hipótese.

Nos tratamentos contemplados pela presença de PCP ou CSP, não houve efeito dos aditivos, provavelmente, em decorrência do eficiente poder de seqüestrar umidade e conteúdo celular extravasado, destas fontes absorventes.

5.2.2.2.4 Perdas por gases e recuperação de matéria seca

As perdas decorrentes da produção de gases, bem como a recuperação de MS das silagens, estão retratados nas Tabelas 46 e 47. Para ambos parâmetros houve efeito do teor de umidade, do aditivo e da interação teor de umidade x aditivo.

A produção média de gases foi de 3,7%, com amplitude de variação contemplada pela silagem acrescida de PCP e inoculada com AF44 (0,6%) e pela silagem com teor de umidade original, não aditivada (8,5%).

Estes valores foram menores do que aqueles reportados no capítulo 4, para a mesma espécie forrageira. Naquela ocasião, as silagens de verão não inoculadas, com teor de umidade original ou acrescida de PCP, apresentaram perdas por gases de 13,9 e 4,7%, respectivamente. No presente experimento, considerando somente as silagens não aditivadas, tais perdas foram de 8,5% para a silagem com teor de umidade original e 2,4% para aquela acrescida de PCP.

Tabela 46 – Perdas por gases (% MS) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	8,5 ^{aA}	2,4 ^b	1,3 ^{bB}	1,9 ^b	3,6 ^b
Adição PCP	2,4 ^B	4,0	2,4 ^B	1,1	0,6
Adição CSP	7,9 ^{aA}	4,3 ^{ab}	8,6 ^{aA}	1,0 ^b	4,9 ^{ab}

* Erro padrão da média = (0,9)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

A explicação para redução das perdas por gases pode ser pautada no processo de compactação que se mostrou mais eficiente no referido experimento. O menor tamanho médio de partículas resultou na maior expulsão do oxigênio residual, o que pode ser comprovado pelo maior valor de DMV destas silagens.

Enquanto naquela ocasião (capítulo 4) a DMV teve como amplitude os valores 459 e 471 kg/m³, no presente, variou de 602 a 631 kg/m³. Com a maior densidade, era esperado que houvesse redução das perdas, em decorrência de um melhor processo fermentativo, restringindo a atuação de microrganismos indesejáveis.

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) a perda por gases dependerá não apenas dos microrganismos envolvidos, mas também dos substratos fermentescíveis disponibilizados. Na presença de Enterobactérias (anaeróbias facultativas) utilizando glucose e *Clostridium*, que embora classificado como bactérias anaeróbias estritas, há espécies capazes de crescer na presença de oxigênio utilizando lactato, as perdas de MS podem representar 41,1 e 51,1%, respectivamente.

Sendo assim, ações que possam restringir a extensão de atuação destes microrganismos, como melhor compactação, fornecimento de CHOs solúveis e redução do teor de umidade, resultaria em correções das limitações apresentadas pelas gramíneas tropicais, o que possibilitaria incremento da capacidade fermentativa.

Ao ensilar o capim Tanzânia com ou sem a presença de 16% de grão de milho moído, Paziani (2004) verificou redução das perdas médias por gases de 6,1 para

5,0%, mostrando os benefícios advindos desta fonte absorvente e fornecedora de substratos. No presente experimento, foi caracterizado a redução numérica das perdas por gases, na presença de PCP, o que não culminou em diferença estatística, provavelmente, pelo poder mais rigoroso no teste utilizado (Tukey).

A análise do efeito isolado teor de umidade, mostrou que a presença da PCP propiciou redução das perdas por gases (2,1%), embora não tenha diferido da silagem com teor de umidade original (3,5%). Estas silagens apresentaram teor médio de MS de 24,2%, valor passível de exercer uma barreira, embora não tão efetiva, no controle do excesso de umidade, que segundo Woolford (1984) seria responsável pelo incremento destas perdas.

Contrariando esta afirmação, as silagens acrescidas de CPS apresentaram a maior perda média por gases (5,3%), o que não era esperado. É importante ressaltar que bactérias homo e heterofermentativas, bem como leveduras também respondem, na dependência do substrato, com maiores ou menores perdas de MS. Sendo assim, a explicação do pequeno incremento na produção de gases, observada entre os tratamentos, sem a determinação das populações de microrganismos presentes, se torna complexa.

Com exceção das silagens aditivadas com benzoato de sódio (4,1%), as quais não diferiram das silagens não aditivadas (6,3%) para produção de gases, as demais silagens, submetidas ao inoculante (3,5%) e aos aditivos químicos AF62 (1,3%) e AF44 (3,01) foram contempladas com a redução deste parâmetro e incremento na recuperação de MS (Tabela 47).

O benzoato de sódio apresentou comportamento semelhante quando seu efeito sobre a perda por gases em silagens de cana-de-açúcar foi avaliado. Pedrado (2003) não verificou diferença entre as silagens tratadas com 0,1% de benzoato de sódio (10,3%) e aquelas não tratadas (9,8%).

Os tratamentos mais efetivos em reduzir a produção de gases foram representados pelos aditivos contendo ácido fórmico e sais de amônio. A literatura carece de trabalhos avaliando tais perdas, quando na presença deste ácido orgânico. Porém, é possível afirmar que a acidificação imediata propiciada por este ácido,

vinculada ao efeito benéfico da amônia em inibir microrganismos indesejáveis, possibilitou maior redução das perdas.

Tabela 47 – Recuperação de matéria seca (%) das silagens submetidas aos efeitos dos teores de umidade e dos aditivos

Teor Umidade	Aditivos				
	Ausente	Inoculante	Benzoato	Fórmico62	Fórmico44
Controle	90,5 ^{bB}	96,3 ^a	96,7 ^{aA}	95,7 ^a	94,8 ^{ab}
Adição PCP	97,1 ^A	95,7	97,2 ^A	98,4	98,9
Adição CSP	91,6 ^{bB}	95,3 ^{ab}	91,1 ^{bB}	98,6 ^a	94,8 ^{ab}

* Erro padrão da média = (0,9)

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras maiúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Médias na linha, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Este fato pode ser ratificado pelos maiores teores de MS, maior preservação de CHOs e proteínas apresentados pelas silagens aditivadas com este ácido. Florek et al. (2004) ao aplicarem AF44 em silagens de Trevo Vermelho, observaram rápido declínio do pH, restrição de fermentações indesejáveis e incremento da relação ácido láctico: ácidos graxos totais.

A recuperação de MS apresentou comportamento semelhante ao parâmetro perda por gases, visto que a produção de gases, nestas silagens, representou quase integralmente as fontes totais de perdas de MS. Deste modo, a PCP, os aditivos (AF44 e AF62) e o inoculante bacteriano, responsáveis pelas menores perdas por gases, resultaram nos tratamentos mais eficientes em recuperação de MS.

5.2.2.2.5 Estabilidade aeróbia das silagens

A avaliação da estabilidade aeróbia seguiu a metodologia proposta por Keady e O'kiely (1996), os quais definiram a estabilidade aeróbia como sendo o tempo observado para que a massa de silagem, após a abertura do silo, apresente elevação de 2 °C em relação à temperatura ambiente.

Como ressaltado no capítulo 4, outras variáveis referentes à estabilidade aeróbia foram avaliadas com o intuito de beneficiar a discussão. Dentro deste contexto, a mesma foi pautada nos efeitos isolados do teor umidade e do aditivo, embora a interação tenha se mostrado significativa para seis das sete variáveis analisadas. A postura assumida foi decorrente da inconstância dos resultados reportados pelas interações. O efeito do teor de umidade sobre os cinco parâmetros abordados encontra-se na Tabela 48.

As fontes absorventes se comportaram de maneira distinta, quando os parâmetros avaliados foram o número de horas em estabilidade (EA) e a temperatura máxima (Tmax). As silagens acrescidas de CSP mantiveram-se estáveis por maior período e apresentaram menor Tmax (204 horas e 24,1°C) tendo diferido daquelas contendo PCP (153 horas e 27,3°C) e com teor de umidade original (152 horas e 26,3°C). No capítulo 4, as silagens de verão, acrescidas de PCP, se mostraram mais estáveis que as silagens com teor de umidade original (309 e 227 horas, respectivamente), as quais não diferiram quanto a Tmax, que apresentou valor médio de 23,3°C.

Tabela 48 – Parâmetros de estabilidade aeróbia das silagens submetidas ao efeito dos teores de umidade

	EA	Tmax	ADITE 120	Perdas MS
Teor Umidade	horas	°C	°C	%
Controle	152 ^b	26,3 ^a	-2,0 ^a	7,0 ^a
Adição PCP	153 ^b	27,3 ^a	-58,0 ^b	6,0 ^b
Adição CSP	204 ^a	24,1 ^b	-85,0 ^b	6,3 ^b

*Erro padrão da média da EA = (6,8), EPM da Tmax = (0,5), EPM da ADITE 120 = (10,6), EPM da Perda MS 120 = (0,2).

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si (P<0,05).

Estes valores mostram que as silagens confeccionadas no presente experimento foram mais instáveis. Provavelmente, isto se deva ao maior valor nutritivo destas silagens. Sendo assim, quando expostas ao ambiente, a disponibilidade de substratos

aos microrganismos aeróbios podem ter acarretado em maior processo respiratório, o qual vem acompanhado de elevação da temperatura.

Os maiores teores de CHOs (5,22%) e ácido láctico (4,07%) das silagens contendo PCP, quando comparadas aquelas acrescidas de CSP (2,72% de CHOs e 3,00% de ácido láctico), podem explicar a menor estabilidade das primeiras. Porém, mesmo apresentando menor valor médio de EA e maior valor médio de Tmax, as silagens contendo PCP apresentaram menores ADITE 120 (-58,0°C) e perda de MS em 120 horas (6,3%), não tendo diferido das silagens acrescidas de CSP, as quais apresentaram os melhores resultados para os cinco parâmetros avaliados.

Ao avaliar a estabilidade aeróbia de silagens de capim Marandu, acrescidas de fontes crescentes de PCP, durante seis dias após abertura dos silos, Bernardes (2003) verificou que a deterioração foi propiciada, principalmente, por bactérias aeróbias. Segundo o autor, a presença de leveduras e fungos nestas silagens é limitada, fato que explicaria a baixa elevação de temperatura na avaliação de estabilidade.

Embora tenha diferido estatisticamente, do ponto de vista biológico, os três teores de MS se comportaram positivamente. A elevação da temperatura foi pouco expressiva, e provavelmente não propiciaria limitação de ingestão caso estas silagens fossem ofertadas aos animais. Em adição, as perdas de MS reportadas podem ser consideradas pequenas e aceitáveis, visto que Loures (2004) verificou perdas médias de MS de 18 e 20,3%, para silagens de capim Tanzânia, não emurchecidas, com tamanho médio de partículas menores e maiores, respectivamente.

A mesma autora relatou Tmax média de 25,5°C, para as silagens não emurchecidas, com diferentes tamanhos médios de partículas. Portanto, a comparação destes valores com aqueles obtidos no presente experimento, mostram ter havido pequena variação para os valores de Tmax, porém expressiva diferença quanto as perdas de MS. Este fato corrobora com a constatação de Bernardes (2003) de que perdas de MS não necessariamente são acompanhadas de elevação da temperatura.

Médias na barra, seguidas de diferentes letras minúsculas, diferem entre si ($P < 0,05$).

Figura 2 – Parâmetros de estabilidade aeróbia das silagens de capim Marandu submetidas ao efeito dos aditivos

Com tamanho médio de partícula de 32 mm, as silagens foram bem acomodadas o que pode ter resultado na atuação limitada de microrganismos aeróbios, em decorrência de restrição de oxigênio. É muito provável, que a atuação de fungos e leveduras tenha sido limitada pelo elevado teor de umidade das silagens. Iturrino et al. (2005) relatou maior presença de fungos em silagens de capim Tifton 85, ensilados com maiores teores de MS, devido aos baixos teores de ácidos orgânicos sintetizados e, conseqüentemente, menor ação antifúngica.

Apesar dos teores de ácido acético e propiônico não terem sido determinados, estes são reconhecidamente eficientes em favorecer a estabilidade aeróbia das silagens. É provável que estes tenham participado de forma mais ou menos efetiva, de acordo com o aditivo químico ou inoculante microbiano aplicado. O efeito dos aditivos sobre os parâmetros de estabilidade avaliados, pode ser observado na Figura 2.

O inoculante bacteriano se caracterizou como o pior dos aditivos utilizados. As silagens inoculadas com cepas de bactérias homofermentativas apresentaram o menor número de horas em estabilidade (88 horas) e o maior ADITE 120, tendo sido as únicas silagens a apresentarem acúmulo positivo de temperatura (68,5 °C). Para estes dois parâmetros, as silagens inoculadas diferiram dos demais tratamentos, enquanto que para os demais, manteve os piores resultados, sem ter diferido de alguns tratamentos.

Rodrigues et al. (2003) também não verificaram diferença da T_{max} entre as silagens de capim Tanzânia inoculadas com bactérias homoláticas e aquela controle. Assim como no presente experimento, Kung Jr. e Ranjit (2001) constataram menor estabilidade aeróbia em silagens de aveia tratadas com bactérias homofermentativas, que se mantiveram estáveis por apenas 155 horas, tempo 143% inferior ao da silagem controle.

Os piores resultados de estabilidade aeróbia, na presença de bactérias produtoras, principalmente, de ácido láctico eram esperados. As silagens inoculadas foram detentoras da segundo maior teor médio de ácido láctico (4,3%), inferior apenas ao teor obtido pelas silagens aditivadas com benzoato de sódio (5,0%). Como descrito por vários pesquisadores, além deste ácido não ter ação antimicótica efetiva, este pode ter sido utilizado como substrato por leveduras e fungos, presentes no momento da abertura.

As silagens aditivadas com benzoato de sódio diferiram daquelas não aditivadas apenas para o parâmetro horas em estabilidade. Este resultado se assemelha ao obtido por Kleinschmit, Schmidt e Kung Jr. (2005), que ao avaliarem silagens de milho submetidas a diferentes aditivos, verificaram maior tempo em estabilidade para as silagens acrescidas de benzoato de sódio. Ao realizarem a contagem de leveduras, os autores comprovaram a ação antimicrobiana efetiva deste sal.

Possivelmente, a menor população epifítica de leveduras e fungos em capins tropicais, pode ter limitado o possível efeito benéfico do benzoato de sódio, em silagens de capim Marandu. Os motivos que levaram os pesquisadores a trabalhar com este sal se devem a sua eficácia na indústria alimentícia, em que é utilizado como conservante bactericida e fungicida.

Apesar das diferenças observadas entre alguns parâmetros terem sido pouco expressivas, tanto do ponto de vista estatístico quanto biológico, é possível destacar AF44 como sendo o melhor tratamento, dentre os aditivos. Embora não tenha diferido estatisticamente do AF62, os valores obtidos para todos os parâmetros foram mais interessantes se analisados em conjunto e biologicamente.

A explicação estaria na composição destes produtos comerciais. Apesar do AF44 apresentar menor quantidade de ácido fórmico, este contém ácido propiônico e benzóico, os quais não fazem parte do aditivo AF62. Ao avaliar a qualidade de silagens de Trevo Vermelho, Florek et al. (2004) encontraram em silagens aditivadas com AF62, menores teores de ácido láctico (3,7%) e acético (1,7%). No entanto, as silagens aditivadas com AF44 apresentaram teores de ácido láctico e acético 9,8 e 139,2% maiores, respectivamente.

Portanto, é provável que o AF44 tenha disponibilizado maior concentração de ácido acético e propiônico, o que poderia explicar os resultados. As silagens aditivadas com AF44 foram as únicas que diferiram daquelas não aditivadas, para o parâmetro perdas de MS. Estas foram de 5,6% para as silagens aditivadas e 7,0% para aquelas não aditivadas.

5.3 Conclusões

As fontes absorventes de umidade propiciaram maior valor nutritivo das silagens, visto que estes subprodutos forneceram substratos fermentescíveis e, provavelmente, elevaram a pressão osmótica do meio, o que resultou em melhor capacidade fermentativa das silagens.

A CSP propiciou às silagens maior estabilidade aeróbia, levando em consideração todas as variáveis analisadas. Sendo assim, a adoção deste subproduto agroindustrial, em silagens de gramíneas tropicais, deve ser alvo de novos estudos, pois se mostrou uma boa alternativa, ainda pouco explorada no Brasil.

Os aditivos químicos contendo ácido fórmico se mostraram efetivos em preservar CHOs e PB, o que culminou em maiores coeficientes de DVIVMO, quando foram aplicados na dosagem de 5 L/t de forragem úmida. Também reduziram as perdas por gases, o que resultou na maior recuperação de MS. Os benefícios advindos destes aditivos, provavelmente, foram decorrentes da maior dose utilizada. Contudo, este vem acompanhado de maior custo da aditivação, e portanto, seria indicado análise econômica de viabilidade confrontado dose, benefícios e custo.

O inoculante bacteriano contendo duas cepas de bactérias homoláticas, as quais atuam em momentos distintos ao longo do processo fermentativo, destacou-se pelo elevado coeficiente de DVIVMS e reduziu as perdas por gases. Apesar deste inoculante ter sido menos eficiente na estabilidade aeróbia, esse fato era esperado, e não diminui o mérito deste tratamento.

O benzoato de sódio, aditivo caracterizado por controlar fungos e leveduras, mostrou benefícios mais discretos nas silagens de capim Marandu, tendo em vista que estes microrganismos estão presentes nelas, em menor proporção. Além disso, não diferiu das silagens não aditivadas para nenhuma variável de estabilidade aeróbia avaliada, o que somado ao custo deste aditivo torna sua recomendação inviável no presente experimento.

A silagem controle, embora tenha apresentado menor valor nutritivo e maiores perdas fermentativas, quando comparada àquelas aditivadas, pode ser considerada uma silagem de bom valor nutritivo, com perdas fermentativas aceitáveis. Este fato

seria explicado pela eficiente compactação propiciada pelo menor tamanho médio de partículas e pelas características da forragem no momento da colheita.

Sendo assim, a opção por aditivos e/ou adição de fontes absorventes de umidade deve vir acompanhada de uma análise econômica prévia. A decisão em utilizar estes produtos, se tornaria mais concreta, caso estas silagens venham a ser avaliadas não somente no tocante valor nutritivo, mas quanto ao valor alimentício. Portanto, fica sugerido o desenvolvimento de experimentos de desempenho animal, os quais contemplem estas fontes absorventes de umidade.

Referências

ANDRADE, F.M.E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim-Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte**. 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990, v.1, 1117p.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B.; SANTOS, I.P.A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim-Tanzânia ensilado com aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.3, p.648-654, 2006.

BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; CORSI, M. Dry matter losses in Tanzania grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) silage. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19.,2001,São Pedro.**Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.789-790.

BAYTOK, E.; AKSU, T.; KARSLI, M.A.; MURUZ, H. The effects of formic acid, molasses and inoculant as silage additives on corn silage composition and ruminal fermentation characteristics in sheep. **Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences**, Ankara, v.29, p.469-474, 2005.

BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W.V.V.; ISEPON, I.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurcheada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada.** 2003. 108p. Dissertação (Mestrado em) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2003.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.62, n.3, p.214-220, 2005.

BERZAGHI, P.; COZZI, G.; ANDRIGHETTO, I. The use of near infrared analysis for *in situ* studies. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.80, p.3263-3270, 1997.

CARVALHO, H.P.; MARTINS, R.V.; OLIVEIRA, A.L.F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; MICHELETTI, M.V.; MEDEIROS, T.T.; UBIALI, D.G. Silagem de capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) em diferentes épocas de corte associado a inclusão de resíduos agroindustriais e inoculantes microbianos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

CORRÊA, L.A.; CORDEIRO, C.A. **Silagem de capim como estratégia de manejo intensivo de pastagens.** São Carlos: EMBRAPA, CPPSE, 2000. 6p. (Comunicado técnico, 26).

COZZOLINO, D.; ACOSTA, Y.; GARCIA, J. Application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage evaluation in Uruguay. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 370.

CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; CORSI, M. Efeito da fermentação na fração fibra de silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.354-355.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350-356, 1956.

EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C.; GALATI, R.L.; WATANABE, P.H.; BIAGIOLI, B.; FATURI, C. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.2, p.569-575, 2006.

FERRARI JR., E.; LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurhecido ou acrescido de farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.5, p.1424-1431, 2001.

FLOREK, S.; PURWIN, C.; MINAKOWSKI, D.; STANEK, M.; TREDOWICZ, M. The influence of formic acid additives on the quality of silage from different plant material. **Veterinarija Ir Zootechnika**, Saskatchewan, v.26, n.48, p.22-28, 2004.

FRASEN, S.C.; STRUBI, F.J. Relationships among absorbents on the reduction of grass silage effluent and silage quality. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.81, p-2633-2644, 1998.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; POSSENTI, R.A.; SCHAMMASS, E.A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.54, p.208-218, 1999.

HERON, S.J.E.; EDWARDS, R.A.; McDONALD, P. Changes in the nitrogenous components of gamma-irradiated and inoculated ensiled ryegrass. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.37, p.979-985, 1986.

HETTA, M.; CONE, J.W.; GUSTAVSSON, A.M.; MARTINSSON, K. The effect of additives in silages of pure timothy and timothy mixed with red clover on chemical composition and in vitro rumen fermentation characteristics. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.58, p.249-257, 2003.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silo densities**. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.

HUBER, J.T.; FOLDAGER, J.; SMITH, N.E. Nitrogen distribution in corn silage treated with varying levels of ammonia. **Journal of Animal Science**, Albany, v.48, n.6, p.1509-1515, 1979.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ITURRINO, R.P.S.; REIS, R.A.; COAN, R.M.; BERNARDES, T.F.; PANIZZI, R.C.; POIATTI, M.L.; PEDREIRA, M.S. Alterações químicas e microbiológicas nas silagens de capim-Tifton 85 após a abertura dos silos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.464-471, 2005.

JOBIM, C.C.; GOLÇALVES G.D. Microbiologia de forragens conservadas. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; MOREIRA, A.L. (Ed.). **Volumosos na Produção de Ruminantes: Valor Alimentício de Forragens**. Jaboticabal: Editora Funep, 2003, p.1-26.

KEADY, T.W.; O'KIELY, P. An evaluation of the effects of rate of nitrogen fertilization of the grassland on silage fermentation, in silo losses, effluent production and stability. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.51, p.350-362, 1996.

KLEINSCHMIT, D.H.; SCHMIDT, R.J.; KUNG JR., L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.88, n.6, p.2130-2139, 2005.

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

KUNG JUNIOR, L. Microbial and chemical additives for silage – effects on fermentation and animal response. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM, 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, v.2, p.53, 2000.

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

KUNG JUNIOR, L.; ROBINSON, J.R.; RANJIT, N.K.; CHEN, J.H.; GOLT, C.M.; PESEK, J.D. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.83, p.1479-1486, 2000.

LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.79, p.922-928, 1996.

LAVEZZO, W. Silagem de capim elefante. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, p.132, 1985.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. 2004. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochts. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. **O método Penn State Particle Size Separator para a predição do tamanho de partículas de silagens**. 2002. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/bn/radarestecnicos>>. Acesso em: 24 nov. 2006.
McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2nd ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NSEREKO, V.L.; ROOKE, J.A. Characterization of peptides in silages made from perennial ryegrass with different silage additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, p.725-731, 2000.

NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; NUSSIO, C.M.B. Ensilagem de capins tropicais. In: BATISTA, A.M.V.; BARBOSA S.B.P.; SANTOS M.V.F. et al. (Ed.). REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: 2002. p.60-99.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)** 2003. 140p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PÖLÖNEN, I. **Preservation efficiency of formic acid and benzoic acid in the ensiling of slaughterhouse by-products and their subsequent metabolism in farmed fur animals**. 2000. 54p. (Dissertação) – Universidade de Helsinki, Helsinki, 2000.

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

REIS, R.A.; AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; MONTEIRO, R.R.; TOLEDO, M.; ROTH, P.; SILVA, P.D.V. Efeito do tempo de fechamento dos silos nas alterações fermentativas e químicas das silagens do capim-Marandu (*Brachiaria brizanta* cv. Marandu). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa. 2006, **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.

RESTLE, J.; FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; SILVA, J.H.S.; KUSS, F.; SANTOS, C.V.M.; FERREIRA, J.J. Substituição do Grão de Sorgo por Casca de Soja na Dieta de Novilhos Terminados em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.4, p.1009-1015, 2004.

RODRIGUES, P.H.M.; ALMEIDA, L.F.S.; LUCCI, C.S.; MELOTTI, L.; LIMA, F.R. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.6, p.1646-1653, 2004.

RODRIGUES, P.H.M.; LOPES, T.F.T.; ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L.; LUCCI, C.S.; LIMA, F.R.; MEYER, P.M. Adição de inoculantes microbianos sobre a composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), **Acta Scientiarum**, Maringá, v.25, n.2, p.397-402, 2003.

ROTZ, C.A.; MUCK, R. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY, D.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994, p.828-868.

SAS INSTITUTE. **The SAS System for Windows**: version 8.02. Cary, SAS Institute, 2001. 1 CD-ROM.

SHENK, J.S.; WESTERHAUS, M.O. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy. **Crop Science**, Madison, v.31, p.469-474, 1991.

SIEBALD SCH., E.; DUMONT L., J.C.; NAVARRO D., H.; SANTANA D., R. Uso de ácido fórmico más formiato de amonio en ensilajes de praderas permanentes en el sur de Chile. **Agricultura Técnica** (Chile), v.63, n.3, p.251-258, 2003.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 1981. 166p.

SOLLENBERGER, L.E.; REIS, R.A.; NUSSIO, L.G.; CHAMBLISS, C.G.; KUNKLE, W.E. **Conserved forage**. In: Warm Season grasses. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.355-387.

TOMICH, T.R.; MESSIAS, E.C.; SERENO, J.R.B. Silagens confeccionadas com folhas de capim-Elefante de crescimento pleno e níveis crescentes de adição de casca de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa 2006,. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v.81, p.620-632, 1998.

WOOLFORD, M.K. Microbiological screening of the straight chain fatty acids (C₁-C₁₂) as potential silage additives. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v.26, p.219-228, 1975.

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

6 DESEMPENHO DE BOVINOS DE CORTE RECEBENDO COMO FONTE DE VOLUMOSO SILAGENS DE CAPINS MARANDU E TANZÂNIA ADITIVADAS COM ÁCIDO FÓRMICO E FORMATO DE AMÔNIO

Resumo

O estudo objetivou avaliar os efeitos da aplicação de ácido fórmico e formato de amônio em gramíneas tropicais com alto teor de umidade, no momento da ensilagem, bem como o desempenho de animais. As duas espécies foram colhidas com 82 dias de rebrotação, sendo acondicionadas em silos do tipo trincheira, após terem sido ou não tratadas com o aditivo químico (4 L/t forragem úmida). Tanto as silagens, quanto as rações (44,2% de silagem) e as variáveis de desempenho foram denominadas de T1: ração com silagem de capim Marandu sem aditivo; T2: ração com silagem capim Tanzânia sem aditivo; T3: ração com silagem capim Marandu aditivada; T4: ração com silagem capim Tanzânia aditivada. Amostras de forragem e silagem foram coletadas para determinação da composição químico-bromatológica e as perdas por deterioração foram mensuradas diariamente. Durante 84 dias, o desempenho de 80 fêmeas Canchim e Nelore foi mensurado pela avaliação da ingestão de MS (IMS), ganho de peso diário (GPD) e conversão alimentar (CA). Para efeito de comparação entre os resultados, foram realizadas predições de GPD, IMS e energia líquida (EL) de manutenção e de ganho, os quais foram confrontados com as respectivas variáveis observadas. Embora não analisado estatisticamente, o valor nutritivo apresentado pelas silagens de capim Marandu (T1 e T3) e por aquelas aditivadas (T3 e T4) foi numericamente mais elevado quando comparado com o das silagens de capim Tanzânia (T2 e T4) e daquelas não aditivadas (T1 e T2), respectivamente. As silagens apresentaram baixa digestibilidade, o que é condizente com a idade em que as espécies foram colhidas. Mesmo a DVIVMS tendo sido inferior a 50%, as rações contendo estas silagens apresentaram DVIVMS de 66,2%, não tendo diferido entre os tratamentos. As fêmeas Canchim apresentaram maior IMS e GDP e melhor CA, o que era esperado para este grupo genético, cuja eficiência é mais pronunciada quando as condições ambientais e nutricionais são adequadas. Não foi possível destacar a eficiência do aditivo em incrementar o desempenho dos animais e reduzir as perdas por deterioração. Quanto às espécies forrageiras empregadas, a escolha deverá ser realizada com base na produtividade e custo de estabelecimento e manutenção. As rações contendo silagens sem aditivo produziram desempenho animal satisfatório, o que poderia ter sido incrementado, com forragens colhidas mais jovens. A comparação dos sistemas de equações utilizados para determinação dos valores de EL de manutenção e de ganho, observados e esperados, mostrou que os dois sistemas mais se aproximaram quando a variável avaliada foi a EL de manutenção (média de 0,96). Para a variável EL de ganho, a relação foi de 1,11, demonstrando que houve pequena subestimativa do programa NRC, o que pode explicar os maiores GPD observados. As predições de desempenho animal realizadas pelo NRC (1996) se mostraram uma ferramenta interessante e auxiliaram na compreensão e entendimento dos resultados.

Palavras-chave: Canchim; Energia líquida; Ganho de peso; Ingestão; NRC; Nelore

PERFORMANCE OF BEEF BULLS RECEIVING DIETS BASED ON PALISADE AND TANZANIA SILAGES TREATED WITH FORMIC ACID AND AMMONIUM FORMATE

Abstract

The objective of this work was to investigate the animal performance of beef bulls receiving diets based on high moisture tropical silages ensiled with formic acid and ammonium formate. Two tropical forages were harvested with 82 days of regrowth, treated with chemical additive (4 L/T of fresh forage) and ensiled in trench silos. With the objective of evaluating the animal performance and the nutritive value of silages and diets the following treatments were adopted: diets containing Palisade untreated silages (T1), diets containing Tanzania untreated silages (T2), diets containing Marandu treated silage (T3) and, lately, diets containing Tanzania treated silages (T4). Samples of fresh forage and silage were collected to chemical analysis and the feed out losses were also evaluated daily. During 84 days of trial, dry matter intake, mean daily gain and feed efficiency were evaluated in 80 Nellore and Cachim heifers. It was done predictions of ADG, DMI and net energy for maintenance just to compare the predicted results with the observed ones. Palisadegrass treated silages had higher nutritive value when compared with treated and untreated Tanzania silages, when compared numerically. The low IVTDMD observed of the silages are in according with maturity stage of the forages at the time of harvesting. Even though the low levels of IVTDMD of the silages, the total mixed rations showed similar digestible coefficients, with mean values of 66.2%. It was observed higher DMI, ADG and feed efficiency for Cachim heifers. It was not possible to verify the effects of the additive in improving the animal performance and reducing the feed out losses. The rations containing untreated silages showed satisfactory animal performance, however, it might be improved if the forage was harvested younger. The predicted and observed values showed similar value to net energy for maintenance (0.96). For the net energy of weight gain, the ratio of 1.11 indicated that the NRC sub estimated this variable. As a result, the lower values predicted for this variable could explain the higher ADG observed. NRC was an interesting and effective tool to predict the animal performance and, moreover, the use of this system helped to the comprehension of the results.

Keywords: Cachim; Intake; Nellore; NRC; Net energy; Weight gain

6.1 Introdução

A bovinocultura de corte brasileira encerrou o ano de 2006 com muitos motivos para comemorar. O país assumiu em meados de dezembro, do referido ano, o primeiro lugar em receita cambial na exportação de carne bovina, superando a Austrália. Segundo levantamento da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (Abiec), as exportações somaram US\$ 3,475 bilhões. O aumento expressivo se deve não apenas ao crescimento em 27% no valor agregado dos produtos carneos, mas também ao incremento de 10,7% no volume de exportações (FOLHANEWS, 2006).

As projeções da Abiec apontam um crescimento de 5 a 10% nos volumes de exportação e de 10 a 15% na receita cambial no ano de 2007. Para atingir estas metas, os esforços na obtenção de produtos com maior valor agregado e o aumento na taxa de desfrute serão fundamentais, o que poderia ser obtido com a redução da idade de abate dos animais.

No Brasil, a elevada idade de abate, com média superior a quatro anos, sempre teve como principal justificativa a estacionalidade da produção de forragem. Em torno de 90% dos bovídeos têm como base da alimentação a pastagem, que quando bem manejada, se traduz no menor custo de alimentação do rebanho. Porém, se o histórico for considerado, a eficiência de utilização das pastagens, no Brasil, está longe de ser alcançada.

Deste modo, enquanto os pecuaristas não se conscientizarem que o conflito entre pastagem e estacionalidade de produção sempre ocorrerá no país, estes ficarão reféns do mercado intra-anual da carne bovina. Como forma de atenuar tal irregularidade, a conservação, vinculada ao manejo racional das pastagens, vem se delineando há décadas como opção interessante.

Dentre as gramíneas tropicais elegíveis para ensilagem, levantamentos do Anualpec (2003) relataram que, futuramente, os capins pertencentes às espécies do gênero *Brachiaria* e *Panicum*, serão a principal fonte de alimento volumoso fornecida a animais confinados. No entanto, o alto potencial de produção de biomassa destas espécies, aliada a grande abrangência nacional, vem acompanhado das dificuldades de ensilagem, quando as mesmas são ensiladas com elevado teor de umidade.

Em se tratando de silagens, Van Soest (1994) ressalta que os produtos da fermentação exercem grande influência sobre a ingestão de MS. Baixa ingestão é observada quando forragens são ensiladas com elevado teor de umidade, em decorrência de fermentações estabelecidas por *Clostridium*. Esta situação é bastante recorrente quando gramíneas tropicais são o alvo de estudo.

Na tentativa de minimizar estas fermentações secundárias, que comprometem sensivelmente o consumo voluntário, a prática do emurchecimento, bem como a adoção de aditivos se apresentam como opções. Paziani (2004) fez uso destas duas práticas ao ensilar o capim Tanzânia com 90 dias de crescimento vegetativo e teor médio de MS de aproximadamente 19%. A autora não observou efeito do inoculante contendo *L. plantarum* e do emurchecimento sobre a IMS (2,36% PV), GPD (1,03 kg/animal) e CA (7,91 kg MS/kg GPV).

Quando as perdas por deterioração foram avaliadas, Paziani (2004) verificou que estas se apresentaram 73,2 e 33,9% maiores nos tratamentos emurchecidos (29,1% MV) e submetido a inoculação (22,5% MV), respectivamente, quando comparados a silagem controle (16,8% MV). Portanto, não houve ganho de eficiência com a adoção destas práticas.

Ao ensilar o capim Marandu com 60 dias de rebrotação e teor de MS de 24%, Bergamaschine et al. (2006) verificaram que o inoculante enzimático-bacteriano é dispensável, pois não conservou o valor nutritivo das silagens, além de não ter diferido da silagem controle para o parâmetro IMS (4,67 kg/dia).

No entanto, contrariando os resultados obtidos por Paziani (2004), os autores concluíram que o emurchecimento se caracterizou como tratamento efetivo em melhorar a qualidade da silagem, visto que a mesma apresentou menores teores de N-NH₃ (7,9% N Total) e propiciou maior IMS (5,83 kg/dia) quando comparada a silagem controle (34,7% N Total e 4,71 kg/dia).

Como todas as fontes de perdas devem ser consideradas no momento de se avaliar um tratamento, o emurchecimento traz como grande desvantagem as perdas decorrentes do processo de recolhimento, as quais são bem superiores as obtidas pelo corte direto.

Ao realizar esta mensuração durante a ensilagem de capim Tanzânia, Igarasi (2002) observou que o emurchecimento foi responsável pela perda de 20,3% da MS disponível, quando a forragem foi colhida no verão. Por este motivo, tal prática em gramíneas tropicais deve ser analisada com certa ressalva.

Quanto aos aditivos químicos, McDonald, Henderson e Heron (1991) destacam os efeitos benéficos do ácido fórmico quando aplicado em forragens com alto teor de umidade. Winters, Fychan e Jones (2001) ratificaram a afirmação destes autores, ao verificarem incrementos nos valores de IMS (8,41 vs. 7,42 kg/dia) e de GPD (0,94 vs. 0,66 kg/animal) de animais recebendo silagens de gramíneas temperadas, ensiladas com alto teor de umidade (19,7%). De acordo com os autores, a melhoria no desempenho dos novilhos pode ter sido, em parte, decorrente do melhor balanço de aminoácidos da silagem tratada, devido ao controle exercido sobre bactérias proteolíticas.

Com a finalidade de avaliarem os efeitos do ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t de forragem úmida), Siebald et al. (2003) ensilaram uma mistura de forragens oriundas do sul do Chile, com 54 dias de crescimento vegetativo e alto teor de umidade. Após fornecer as silagens para 14 novilhos durante 99 dias, os autores verificaram maior GPD (0,65 e 0,36 kg) e IMS semelhante (6,96 e 6,15 kg/dia) para os animais que consumiram silagem aditivada e controle, respectivamente. Apesar do melhor desempenho, os resultados não indicaram para os autores clara vantagem econômica no uso do aditivo, em decorrência do maior consumo de silagem e custo da MS.

Enquanto os países de clima temperado desfrutam de uma literatura vasta sobre este assunto, no Brasil, os trabalhos avaliando a utilização do ácido fórmico, como aditivo inibidor de fermentação, são muito restritos. Os motivos que propiciaram esta situação são compreensíveis, se os aditivos em consideração não tivessem passado por um processo de inovação conceitual. Nos últimos anos, o ácido fórmico vem sendo comercializado juntamente com sais, bem como outros ácidos eficientes na preservação pós-abertura. Portanto, há necessidade de novos estudos avaliando estes aditivos em silagens de gramíneas tropicais.

Com base nesta revisão, este trabalho foi conduzido com o objetivo de mensurar as perdas por deterioração, valor nutritivo e parâmetros físicos das silagens de capins

Marandu e Tanzânia aditivadas com ácido fórmico e formato de amônio, bem como o desempenho de bovinos de corte confinados, recebendo estas silagens como fonte de alimento volumoso.

6.2 Desenvolvimento

6.2.1 Material e Métodos

6.2.1.1 Local do experimento

A confecção dos silos tipo trincheira, o confinamento dos animais, bem como as análises químico-bromatológicas, das silagens e rações, foram realizadas em Piracicaba, no Departamento de Zootecnia – Setor Ruminantes, USP/ESALQ.

Os capins Marandu e Tanzânia foram colhidos em áreas destinadas exclusivamente a confecção de silagens, pertencentes ao Departamento de Aviação Civil e Departamento de Zootecnia da ESALQ, respectivamente.

6.2.1.2 Adubação dos solos e corte de uniformização

A adubação de ambas áreas foi realizada 138 dias após a aplicação de 2000 kg/ha de calcário dolomítico. Em fevereiro de 2003, as glebas experimentais foram submetidas ao corte de uniformização, realizado pela colhedora de forragem da marca Casale[®], modelo CF 2000 Super.

Na seqüência, 200 kg/ha de nitrogênio foi disponibilizados em toda área, por meio de um caminhão tanque que aplicou o adubo líquido Ajifer II, fabricado pela Ajinomoto Interamericana[®].

6.2.1.3 Desenho Experimental

As silagens foram caracterizadas pela participação de duas espécies forrageiras e dois níveis do aditivo químico. A combinação dos fatores Espécie (capins Marandu ou

Tanzânia) e Aditivo (ausente ou presente) produziram um arranjo fatorial 2 x 2, representados por quatro tratamentos:

- T1 – Capim Marandu ensilado sem aditivo;
- T2 – Capim Tanzânia ensilado sem aditivo;
- T3 – Capim Marandu ensilado com aditivo químico (4 L/t forragem úmida);
- T4 – Capim Tanzânia ensilado com aditivo químico (4 L/t forragem úmida);

Esta nomenclatura também foi utilizada para as rações, tendo em vista que estas silagens representaram o único ingrediente volumoso na confecção das rações. A relação volumoso:concentrado utilizada para todos os tratamentos foi de 44,2:55,6.

6.2.1.4 Confecção dos silos tipo trincheira

A localização e distribuição das instalações e área experimental permitiram que os silos fossem construídos em local estratégico, o que reduziu a distância de transporte da forragem até os silos, no momento da ensilagem, bem como das silagens até as instalações, para prática do arraçoamento.

Em função do número de animais que seriam confinados, do período de arraçoamento, da IMS estabelecida, do manejo de retirada e das perdas de MS nos silos, foram definidas as dimensões dos silos tipo trincheira. Para garantir o fornecimento de silagem, durante todo período experimental os silos foram construídos para terem capacidade de estocagem de 72 m³ (20 m de comprimento x 3,0 m de largura x 1,2 m de altura). Para que o efluente produzido fosse drenado, os silos foram construídos com declividade de aproximadamente 3%.

Pelo fato do terreno destinado à confecção dos silos estar distante do lençol freático, os mesmos não foram concretados. Isto exigiu o revestimento de todas as paredes dos com lona plástica. Para garantir maior durabilidade e resistência, a lona utilizada foi a de dupla face, com espessura de 200 micras.

6.2.1.5 Colheita da forragem destinada à ensilagem e aditivo químico

A colheita dos capins Marandu e Tanzânia foi realizada em maio de 2003, estando os mesmos com 82 dias de idade de rebrotação. A colhedora utilizada foi a Casale[®], a qual passou por adaptação para que o aditivo a base de ácido fórmico e formato de amônio, da empresa Kemira[®] Chemicals Oy, pudesse ser aplicado.

O aditivo, comercializado em galões de 30 L, se caracterizou como sendo um produto denso e viscoso. Estas características dificultariam a aplicação do aditivo na saída da bica da colhedora. Portanto, este procedimento foi realizado por um kit disponibilizado pela empresa Kemira[®] Chemicals Oy, fabricante do aditivo.

O galão contendo o aditivo foi posicionado no local destinado ao recipiente de aplicação da colhedora. O aplicador de ácido Junkkari HP-5 (bomba elétrica) foi acoplada ao galão e seu cabo de energia a tomada de conexão elétrica do trator. Uma mangueira de borracha ligada ao aplicador foi conectada ao controlador graduado de volume (L/min), representado por um cilindro de vidro que foi fixado, na posição vertical, na carenagem do trator. Este acessório permitiu que a dosagem pré-estabelecida do aditivo, de 4 L/t forragem úmida, fosse obtida com sucesso.

Outra mangueira, responsável em conduzir o aditivo do controlador de volume para a válvula de distribuição, foi posicionada próxima a janela de manutenção da colhedora. Da válvula saíram duas mangueiras que foram fixadas nas extremidades da colhedora. Para isto, foram feitas duas aberturas na estrutura metálica da mesma, que permitiu a passagem das mangueiras, onde foram acoplados dois bicos tipo leque para aspersão do aditivo diretamente a forragem colhida.

Na seqüência, a forragem aditivada foi submetida ao conjunto de facas do rotor, depositada em caminhões basculantes e conduzida até os silos tipo trincheira. Assim que a forragem era depositada no silo, com o auxílio de garfos, a mesma foi acomodada e iniciava-se o processo de compactação com trator.

Os tratamentos 1 e 2 foram os primeiros a serem confeccionados. Esta seqüência impediu que houvesse contaminação destes tratamentos com o aditivo contendo ácido fórmico e sais de amônio. De todos os caminhões foram coletadas amostras simples do material a ser ensilado, o que resultou em uma amostra composta

para determinação da composição químico-bromatológica e dos parâmetros físicos das forragens (Tabela 49).

Tabela 49 – Valor nutritivo e parâmetros físicos das forragens submetidas aos tratamentos no momento da ensilagem

Variáveis	Forragem ¹			
	T1	T2	T3	T4
MS, %	25,6	23,8	26,9	23,5
Cinzas, % MS	7,4	10,9	6,8	10,8
PB, % MS	8,4	8,0	8,3	8,9
CHOs, % MS	4,1	3,4	3,0	3,7
FDN, % MS	67,8	70,8	71,9	69,0
FDA, % MS	39,0	42,3	42,3	40,0
HEM, % MS	28,8	28,6	29,5	29,1
DVIVMO, %	57,3	50,1	52,2	52,3
DVIVMS, %	54,7	50,6	50,0	53,6
pH	5,7	5,5	4,6	4,6
PT, mequiv.100 g MS ⁻¹	14,0	6,2	17,1	15,6
Partícula, mm	43	41	42	40

¹ T1: Capim Marandu ensilado sem aditivo; T2: Capim Tanzânia ensilado sem aditivo; T3: Capim Marandu ensilado com aditivo químico (4 L.t⁻¹ forragem úmida); T4: Capim Tanzânia ensilado com aditivo químico (4 L.t⁻¹ forragem úmida).

6.2.1.6 Abertura dos silos e manejo de retirada

Após 82 dias da ensilagem, os silos foram abertos. Uma fatia de silagem de aproximadamente 0,8 m linear foi removida de cada silo. Este procedimento teve como finalidade desprezar a silagem deteriorada, produto de uma má compactação na extremidade final do silo, colocando todos os tratamentos em parâmetro de igualdade, para que a avaliação das perdas por deterioração, durante o manejo de retirada, pudesse ser mensurada.

Diariamente, antes da remoção do painel do silo, o mesmo era submetido a uma avaliação subjetiva, em que toda silagem considerada deteriorada era coletada em sacos de polietileno e, posteriormente, pesadas. Na sequência, uma fatia de silagem

era removida e acondicionada no vagão forrageiro misturador da marca Siltomac[®], modelo Ração Total 203.

As densidades dos silos foram determinadas durante todo período experimental. Com o auxílio de moto-serra, um cubo de 0,30 x 0,30 x 0,30 m (0,027 m³) foi delineado na região central do painel do silo. A silagem retirada do cubo era pesada e uma mostra conduzida para estufa, para determinação do teor de MS. Desta forma, foi possível determinar a densidade da MV, densidade da MS, densidade laboratorial e porosidade.

Durante todas as semanas, amostras de silagem e dos ingredientes concentrados foram coletadas para determinação dos teores de MS, visando o ajuste das quantidades de ração a ser fornecida. Amostras também foram congeladas para determinação do valor nutritivo e dos parâmetros físicos. Nas Tabelas 50 e 51 podem ser observadas estas determinações, cujas descrições das análises seguem abaixo.

Tabela 50 – Composição químico-bromatológica, coeficientes de digestibilidade e perfil fermentativo das silagens

Variáveis	Silagens ¹			
	T1	T2	T3	T4
MS, %	25,9	24,5	25,6	26,2
Cinzas, % MS	7,8	11,5	7,2	10,8
PB, % MS	6,7	6,7	8,7	7,9
CHOs, % MS	0,9	0,3	3,0	1,4
FDN, % MS	71,4	72,9	71,4	74,1
FDA, % MS	42,0	46,1	41,6	46,0
HEM, % MS	29,4	26,8	29,8	28,1
DVIVMO, %	49,4	43,6	52,1	44,8
DVIVMS, %	49,2	45,1	50,2	46,5
N-NH ₃ , % N total	20,3	25,0	9,0	11,8
Ácido láctico, % MS	1,0	0,0	1,7	0,8
Ácido acético, % MS	5,1	5,5	4,4	4,6
Ácido propiônico, % MS	0,4	0,6	0,2	0,2
Ácido butírico, % MS	2,3	1,3	0,1	0,4

¹ T1: Silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

Tabela 51 – Parâmetros físicos e perdas por deterioração das silagens

Parâmetros Físicos	Silagens ¹			
	T1	T2	T3	T4
pH	4,7	4,9	4,2	4,3
Tamanho partícula, mm	43	41	42	40
Densidade MV, kg/m ³	494	506	518	518
Densidade MS, kg/m ³	126	116	136	132
Densidade Lab. ² , kg/m ³	248	244	270	264
Porosidade, %	49	52	50	50
Perdas de MV ³ , %	15,0	15,2	14,3	18,7

¹ T1: Silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

² Densidade Laboratorial da MS.

³ Perda por deterioração no silo, expressa em % da silagem (deteriorada + não deteriorada) .

6.2.1.7 Análise químico-bromatológica da forragem, das silagens e das rações

A determinação do teor de MS foi realizada segundo metodologia descrita por Silva (1981). Após permanecer em estufa por 72 horas, as amostras foram pesadas e, posteriormente, processadas em moinho tipo Willey, provido de peneira contendo orifícios de 1 mm de diâmetro. As amostras moídas foram utilizadas nas determinações subseqüentes. Pela metodologia da AOAC (1990) foram determinadas a MS laboratorial e os teores de cinzas.

Assim como descrito nos capítulos 5, a determinação dos teores de PB, FDN, FDA, DVIVMO e DVIVMS foi estimada pelo NIRS. Do conjunto de 380 amostras submetidas à leitura, 160 foram referentes às amostras deste capítulo, das quais o equipamento NIRS selecionou 30 para realização da química líquida (5.2.1.8).

O teor de PB foi obtido no auto-analisador de nitrogênio da marca LECO®, modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). Para determinação dos teores de FDN e FDA foi utilizado o método seqüencial descrito por Holden (1999) e proposto pela ANKOM® Fiber Analyser (ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY). Os coeficientes de digestibilidade foram obtidos pelo mesmo protocolo.

Os valores obtidos por meio da análise convencional, para as cinco variáveis, abasteceram o banco de dados selecionados pelo programa NIRS, o que possibilitou a predição dos valores.

6.2.1.8 Análise do extrato aquoso da forragem e silagens

Para mensuração do pH, poder tampão e teor de CHOs da forragem e das silagens, 25 g de amostra úmida foi utilizada para confecção do extrato aquoso (KUNG Jr. et al., 1984). Antes que o extrato fosse transferido para tubos tipo Eppendorf e armazenados a -20 °C procedeu-se com as determinações do pH (KUNG Jr. et al., 1984) e do poder tampão (PLAYNE e McDONALD, 1966). Os teores de CHOs foram determinados no Colorímetro – Elisa Reader, calibrado para absorbância de 490 nm, segundo metodologia proposta por Dubois et al. (1956).

A determinação dos teores de N-NH₃ e de ácido láctico das silagens seguiu, respectivamente, as metodologias descritas por Chaney e Marbach (1962) e a adaptada de Pryce (1969). As leituras de absorbância foram realizadas pelo espectrofotômetro, modelo 6405 UV/Vis., da marca Jenway®, calibrado para comprimentos de onda de 540 (N-NH₃) e 565 nm (ácido láctico).

Os teores de dos ácidos graxos voláteis (C2, C3 e C4) foram determinados segundo metodologia descrita por Palmquist e Conrad (1971). O extrato aquoso processado e acondicionados em frascos de vidro, teve seu conteúdo lido no cromatógrafo líquido gasoso, CLG (Hewlett Packard® 5890, series II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396, série II (Hewlett Packard Company®). Os detalhes desta determinação podem ser vistos no item 3.2.1.14.

6.2.1.9 Determinação das densidades e porosidade das silagens

A maneira como as densidades de MV e MS foram obtidas está descrita no item 6.2.1.6. A amostra seca em estufa a 55 °C foi processada no moinho tipo Willey,

provido de peneira contendo orifícios de 1 mm de diâmetro. Esta amostra foi utilizada para determinação da densidade laboratorial, descrita por Giger-Riverdin (2000).

Em uma proveta previamente tarada, foi adicionada amostra suficiente para atingir o volume de 100 mL. Após nova pesagem, obteve-se a massa de amostra contida na proveta. O próximo passo consistiu em mensurar o volume ocupado pela amostra, após três agitações da proveta, em agitador do tipo vortex, por tempo determinado. A divisão na massa (kg) de amostra pelo volume (m³) ocupado pela mesma, resultou na densidade laboratorial.

O cálculo da porosidade, variável expressa em m³ de poros por m³ de massa ensilada ou porcentagem, foi realizado segundo metodologia descrita por Willians (1994), conforme equação 7.

$$\text{Porosidade} = 1 - \left[\frac{(\text{DMV} \times \text{MS})}{(\text{DLa})} \right] \quad (7)$$

onde:

DMV = Densidade da matéria verde, kg MV/m³

MS = Teor de matéria seca, %

DLab = Densidade laboratorial, kg MS/m³

6.2.1.10 Mensuração das perdas por deterioração

A quantificação das perdas por deterioração foi calculada com base na avaliação subjetiva, em que toda silagem considerada deteriorada foi coletada e pesada. Este procedimento foi realizado diariamente, durante os 84 dias de experimento. O percentual de silagem deteriorada foi calculado segundo a equação 8.

$$\text{Perdas (\% MV)} = \frac{(\text{Silagem Deteriorada})}{(\text{Silagem Deteriorada} + \text{Silagem Não Deteriorada})} \times 100 \quad (8)$$

6.2.1.11 Instalações, animais e rações experimentais

As instalações foram representadas por 24 baias de 15 m² (3 m de largura x 5 m de comprimento), sendo metade da área coberta. Todas as baias eram providas de comedouro, bebedouro automático e piso pavimentado. Os ingredientes concentrados da ração foram mantidos em barracão coberto, localizado próximo ao local de arroçoamento.

Para garantir a adaptação dos animais, estes foram transferidos para as baias 14 dias antes do início das avaliações. Durante este período, os mesmos foram alimentados com uma ração única, cujo volumoso foi representado por silagem de capim. Na tentativa de melhorar o bem estar animal, quinzenalmente o piso pavimentado foi raspado e, semanalmente, os bebedouros eram limpos.

As variáveis de desempenho animal foram obtidas de 80 fêmeas, sendo metade da raça Nelore e metade da raça Canchim, com peso médio inicial de 249 e 287 kg, respectivamente. Estes pesos foram obtidos no dia 29 de julho de 2003, após período de 12 horas em jejum exclusivo de alimento. A distribuição dos animais nas baias seguiu o critério de peso vivo, dentro de raça. Este procedimento teve como finalidade evitar uma possível dominância entre os animais, fato que com prometeria o consumo.

Dentro de cada raça, os animais foram classificados em ordem decrescente para variável peso. Os 24 animais mais pesados foram distribuídos em oito baias (três animais por baia), as quais representaram dois blocos. Um terceiro bloco foi constituído por mais quatro baias (quatro animais por baia), onde foram alojadas as 16 fêmeas mais leves. Portanto, cada raça foi representada por três blocos e 12 unidades experimentais (baias), como mostra a Tabela 52.

Tabela 52 – Distribuição dos animais em função do peso médio inicial e raças

Bloco	Baia	Animais	Tratamento	Raça	PMIA ¹	PIB ²
1	1	3	T1	Nelore	307	920
	2		T4		312	935
	3		T3		315	944
	4		T2		322	967
2	5	3	T2	Nelore	280	840
	6		T4		282	847
	7		T3		284	853
	8		T1		285	854
3	9	3	T4	Canchim	355	1065
	10		T2		357	1071
	11		T3		362	1086
	12		T1		361	1084
4	13	3	T4	Canchim	314	942
	14		T1		302	905
	15		T3		311	934
	16		T2		313	939
5	17	4	T3	Nelore	180	720
	18		T4		175	698
	19		T1		176	702
	20		T2		174	694
6	21	4	T4	Canchim	212	848
	22		T1		223	891
	23		T2		216	865
	24		T3		211	845

¹ Peso médio inicial dos animais (kg); ² Peso inicial da baia (kg).

A homogeneidade dos animais, dentro de cada bloco, foi conseguida pela forma como cada animal foi alojado nas baias. Na primeira baia foi alocada a fêmea mais pesada do primeiro bloco, juntamente com as duas mais leves (11^a e 12^a fêmeas do mesmo bloco). Para baia seguinte, a 2^a fêmea mais pesada do primeiro bloco foi alojada juntamente com a 9^a e 10^a fêmeas mais pesadas deste bloco e, assim sucessivamente. O sorteio dos tratamentos que compuseram as baias foi realizado depois de definidos os animais em suas respectivas baias.

As rações foram formuladas segundo NRC Gado de Corte (1996), visando ganho de peso diário de 1,1 kg/animal. Para tanto, o programa estabeleceu que as rações deveriam conter 67% NDT e 11,9% PB.

A participação percentual dos ingredientes foi definida com base na MS, sendo as rações compostas por 44,19 % de silagem de capins Marandu ou Tanzânia, 41,87 % de PCP, 11,05% de farelo de glúten de milho (Refinazil[®]), 1,32% uréia e 1,55% de mistura mineral.

A mistura mineral foi formulada para garantir o fornecimento de 4,0% P, 3,0% Na, 3,0% Mg, 3,0% S, 2,0 ppm Co, 800 ppm de Cu, 35 ppm de I, 2500 ppm de Mn, 15 ppm de Se, 3000 ppm de Zn, 200.000 UI de vitamina A, 20.000 UI de vitamina, 1.500 UI de vitamina E e 1,6% de monensina sódica. Em função dos ingredientes concentrados apresentarem quantidades adequadas de Ca e P, estes não foram adicionados à mistura mineral.

6.2.1.12 Arraçoamento

As atividades iniciavam-se às 7:00 horas, com a avaliação visual e o recolhimento das sobras (alimento fornecido no dia anterior e não consumido). Este material era acondicionado em sacos individuais de polietileno e pesado em balança digital da marca Marte[®], com capacidade de 50 kg.

O consumo da ração foi *ad libitum*, sendo que a quantidade fornecida era calculada diariamente, de modo que fosse garantido que as sobras não fossem inferiores a 5%. Quando este fato ocorria, a ração fornecida era incrementada em 1 kg MS/animal, entre 5 e 10% de sobra, a quantidade fornecida não foi alterada e acima de 10%, procedeu-se com decréscimo de 1 kg MS/animal.

Após a limpeza dos comedouros o vagão forrageiro da marca Siltomac[®], modelo Ração Total 203 era conduzido até os silos. Provido de uma balança digital, a quantidade de silagem era pesada no próprio vagão. Na sequência, os ingredientes concentrados, pesados em balança digital da marca Marte[®] eram acondicionados no vagão. Após a homogeneização dos ingredientes, pelo sistema de barras horizontais, a ração era fornecida nos comedouros, em função dos tratamentos.

A seqüência de arraçoamento manteve-se inalterada durante todo período experimental. Os animais pertencentes ao T1 foram os primeiros a receber a ração, seguidos pelos animais dos tratamentos 2, 3 e 4. Quanto a ordem de distribuição nas baias, o fornecimento da ração foi iniciado da baia 24 em direção a baia 1.

Esta padronização teve como objetivo evitar alteração na rotina dos animais. Caso tenha havido maior participação de ingredientes concentrados, nas rações fornecidas nas baias alocadas no bloco 6 e menor participação nas baias pertencentes ao bloco 1, este acontecimento seria repetido em todos os tratamentos pertencentes a estes blocos.

Semanalmente, uma amostra do alimento fornecido e outra da sobra, de todas as baias, foram coletadas para determinação da composição químico-bromatológica das rações e ingredientes concentrados (Tabela 53).

Tabela 53 – Composição químico-bromatológica das rações fornecidas e dos ingredientes concentrados

Variáveis	Rações ¹				Ingredientes	
	T1	T2	T3	T4	PCP	Refinazil
MS, %	41,5	40,0	41,7	40,5	90,8	90,9
Cinzas, % MS	8,9	10,9	8,5	10,6	4,5	5,2
PB, % MS	11,9	12,1	13,3	13,0	7,2	23,6
FDN, % MS	52,3	53,9	52,4	53,0	32,9	52,0
FDA, % MS	30,4	33,1	31,8	32,9	19,7	13,5
DVIVMO, %	65,3	64,9	64,8	63,4	-	-
DVIVMS, %	66,8	66,2	66,3	65,3	-	-

¹ T1: Ração contendo silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Ração contendo silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Ração contendo silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Ração contendo silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

A avaliação do desempenho dos animais teve duração de 84 dias. Entre a pesagem inicial e final, foram realizadas duas pesagens intermediárias, no 28º e 56º dia experimental. Estas pesagens tiveram a finalidade de acompanhar, em cada período, como os animais estavam respondendo a seus respectivos tratamentos.

No dia anterior a pesagem, a ração era retirada do comedouro para garantir que os animais permanecessem em jejum por 12 horas. O fornecimento de água não era limitado neste período.

6.2.1.13 Predição do ganho de peso, ingestão de MS e valor energético das rações

Para realização destas predições foi utilizado o programa computacional do NRC (NRC BEEF CATTLE REQUIREMENT SOFTWARE, 1996) para DOS, com nível tabular 1. Antes de iniciar a alimentação do programa com a composição químico-bromatológica e digestibilidade das silagens e rações (obtidas pela análise laboratorial) e com o percentual de IMS observado (kg) para cada um dos ingredientes, foi definido alguns parâmetros.

O sistema de classificação utilizado foi o Grading System 2, segundo o qual fêmeas Nelore e Canchim apresentariam 20% de gordura corpórea, quando atingissem peso adulto de 520 e 570 kg, respectivamente. Pelo fato das baias constituírem as unidades experimentais, a alimentação do programa com a idade e peso médio observado no experimento, foram representados pelos valores médios de cada baia, dividido pelo número de animais por baia. Estes valores foram utilizados na comparação de tratamentos.

Para estimativa do valor energético das silagens (NDT) foi necessário fixar os valores de NDT apresentados pelos ingredientes PCP e farelo de glúten de milho. De acordo com dados reportados pela literatura, foram adotados valores de NDT de 82 e 80% para estes concentrados energético e protéico, respectivamente.

As energias líquidas de manutenção (ELm) e de ganho (ELg) foram determinadas pela metodologia proposta por Zinn e Shen (1998), a qual foi adaptada por Pereira (2005). Para utilização das equações descritas abaixo, foi necessário utilizar os valores de IMS (kg MS/animal/dia) e GPD (kg/dia) de cada uma das 24 baias (unidades experimentais). Com estes valores foi possível estimar as exigências energéticas de manutenção (Em) e de ganho (Eg), expressas em Mcal/dia.

$$Em = 0,077 \times PV^{0,75} \quad (10)$$

$$Eg = (0,0493 \times PV^{0,75}) \times GPD^{1,097} \quad (11)$$

Com os valores de exigências energéticas calculados, o próximo passo foi determinar a expectativa de concentração de energia líquida de manutenção (ELm) e de ganho (ELg) das rações, expressas em Mcal/kg MS. Para o cálculo foram utilizadas as equações descritas abaixo.

$$ELm = \{-b - [(b^2) - (4ac)]^{0,5}\} / (2a) \quad (12)$$

Onde:

$$a = -0,877 \times IMS$$

$$b = (0,877 \times Em) + (0,41 \times IMS) + Eg$$

$$c = -0,41 \times Em$$

$$ELg = (0,877 \times ELm) - 0,41 \quad (13)$$

Os valores observados para as variáveis peso vivo (kg/animal), GPD e IMS foram usadas na alimentação das equações descritas acima, as quais foram utilizadas na determinação da energia observada.

Os cálculos da concentração de energia esperada foram realizados por meio das equações pertencentes ao programa NRC (1996). Os valores que abasteceram o programa foram provenientes das determinações químico-bromatológicas a que foram submetidas às silagens e os ingredientes concentrados. Para os valores não obtidos por meio da química líquida, porém necessários para o programa NRC, foram adotados valores médios reportados como padrão pela literatura.

No presente experimento, a obtenção de uma variável que expressasse a digestibilidade das silagens e rações se deu por meio da determinação do coeficiente de DVIVMS, enquanto o programa NRC utiliza a variável NDT. Sendo assim, para que as simulações fossem determinadas, os valores de NDT das silagens foram substituídos pelos coeficientes de DVIVMS, os quais estão descritos na Tabela 50.

Portanto, a partir destes valores foram calculadas as relações entre as concentrações de energia observada e esperada.

6.2.1.14 Análise estatística dos dados

Os dados referentes à composição químico-bromatológica, digestibilidade e parâmetros físicos das rações foram analisados em delineamento inteiramente casualizado. Para as variáveis de desempenho animal (GPD, IMS, CA e ingestão de MS em % Peso Vivo) o delineamento se caracterizou como sendo blocos completos casualizados.

Todos os dados foram caracterizados como medida repetida no tempo, uma vez que as determinações foram compostas por três períodos de avaliação. Portanto, o procedimento adotado foi o PROC MIXED do programa estatístico SAS, versão 8.02 para Windows® (SAS, 2001).

Para efeito de comparação de médias entre tratamentos foi utilizado o teste de média dos quadrados mínimos (LS MEANS), com nível de significância de 5 %.

6.2.2 Resultados e Discussão

6.2.2.1 Composição químico-bromatológica e digestibilidade das silagens

As silagens representaram o ingrediente volumoso das rações. Os quatro tratamentos foram constituídos pelos mesmos ingredientes concentrados e a mesma relação volumoso:concentrado, a qual se manteve constante durante todo período experimental (84 dias). Sendo assim, a explicação para as diferenças entre os tratamentos, caso tenham ocorrido, foi realizada com base na qualidade das silagens.

Não foi realizada a análise estatística e comparação entre as silagens, pois pelo fato de serem provenientes de silos de grande porte e, portanto, sem repetição experimental, não houve graus de liberdade do erro suficientes para a comparação. Portanto, os valores observados foram comparados com aqueles reportados pela literatura e utilizados para justificar a composição das rações, que foram submetidas a análise estatística.

A composição químico-bromatológica, a digestibilidade, o perfil fermentativo, os parâmetros físicos e as perdas por deterioração das silagens de capins Marandu e Tanzânia estão descritos nas Tabelas 50 e 51.

A silagem de capim Marandu não aditivada (T1) apresentou valores de 25,9, 7,8, 71,4, 42,0, 29,4, 6,7 e 49,2%, que representaram, respectivamente, os teores médios de MS, cinzas, FDN, FDA, hemicelulose, PB e coeficiente de DVIVMS. Estes valores caracterizaram as silagens como tendo valor nutritivo inferior ao desejado. No entanto, encontram-se dentro dos valores esperados, tendo em vista que a forragem que originou as silagens foi colhida com idade de rebrotação de 82 dias.

Ao ensilar a mesma espécie forrageira no verão, com idade de rebrotação de 90 dias, Mari (2003) verificou para as mesmas variáveis descritas acima, valores de 20,7% MS, 7,4% de cinzas, 74,7% de FDN, 45,6% de FDA, 29,1% de hemicelulose, 6,7% PB e 48,7% de DVIVMS. Com exceção do teor de MS, em que o autor verificou valor 25,1% inferior, as demais variáveis apresentaram valores muito próximos. O teor de MS corrobora com o valor de 24,7% observado por Bergamaschine et al. (2006), em silagem de capim Marandu, confeccionada em silo de grande escala, estando a forragem com 60 dias de crescimento vegetativo, no momento da ensilagem.

Os menores teores de FDN, FDA e o maior coeficiente de DVIVMS observados no presente experimento, quando comparados com aqueles reportados por Mari (2003), podem ter sido resultado da menor idade de rebrotação (82 dias) da forragem submetida a ensilagem. É provável que as diferenças em composição químico-bromatológica e valor nutritivo só não tenham sido maiores, a favor do T1, em função do tipo de silo empregado. Mari (2003) utilizou silos experimentais que permitem processo de ensilagem mais rápido e condição de fermentação mais controlada, o que em tese deveria contribuir para obtenção de silagens com maior valor nutritivo.

O capim Tanzânia sem aditivo e colhido com idade de rebrotação de 82 dias, originou o T2. Os teores médios de MS, cinzas, FDN, FDA, hemicelulose, PB e coeficiente de DVIVMS foram de 24,5, 11,5, 72,9, 46,1, 26,8, 6,7 e 43,6%, respectivamente. Assim como foi descrito para o T1, estas silagens se caracterizaram pelo baixo valor nutritivo, o qual numericamente foi inferior ao das silagens de capim Marandu.

Os teores de MS, cinzas e FDA foram semelhantes aos reportados por Paziani (2004), que observou valores de 24,8, 10,9 e 45%, respectivamente, ao ensilar a mesma espécie forrageira com 90 dias de crescimento. Contudo, não corrobora com os

menores teores de FDN (67,8%), HEMI (23,4%), N-NH₃ (8,2% N Total) e maior teor de PB (9,2%), observados pela autora.

Esta última variável se apresentou 37,3% maior que o valor de 6,7% observado no T2. A explicação para o menor teor de PB poderia estar relacionado a maior proteólise observada no presente experimento. O teor de N-NH₃ de 25% N Total, foi 304% superior ao valor verificado por Paziani (2004), o que demonstra o controle menos efetivo de bactérias do gênero *Clostridium*.

Os tratamentos 3 (silagem de capim Marandu) e 4 (silagem de capim Tanzânia), contemplados com o aditivo químico (4 L/t de forragem úmida), apresentaram menores teores de N-NH₃ e ácido butírico. De acordo com McDonald, Henderson e Heron, (1991), aditivos contendo ácido fórmico seriam eficientes em controlar microrganismos indesejáveis. Portanto, haveria provavelmente maior preservação na fração protéica, em função da menor ocorrência de proteólise e deaminação.

As silagens aditivadas, de ambos tratamentos (3 e 4), também apresentaram maiores teores de PB, CHOs, ácido láctico e maior coeficiente de DVIVMS. No capítulo 5, a utilização do mesmo aditivo químico resultou em silagens com maiores teores de PB (9,4 vs. 7,6%), CHOs (4,69 vs. 1,82%), ácido láctico (2,35 vs. 0,57%) e maior coeficiente de DVIVMO (58,8 vs. 56,1%) quando comparadas com as silagens controle.

Na ausência ou presença de aditivo, as silagens de capim Marandu (T1 e T3) apresentaram maiores coeficientes de DVIVMS quando comparadas àquelas confeccionadas com capim Tanzânia (T2 e T4). A diferença foi de aproximadamente 4 unidades percentuais. Ao avaliarem o coeficiente de DIVMS destas duas espécies forrageiras colhidas no verão, com idade de rebrotação de 35 dias, Gerdes et al. (2000) verificaram valores de digestibilidade de 65,7 e 61,0% para os capins Marandu e Tanzânia, respectivamente.

Apesar destes valores terem diferido em 4,7 unidades percentuais, a autora concluiu não ter havido diferença entre as espécies, quanto ao valor nutritivo, com exceção do teor de FDN que foi mais elevado no capim Tanzânia. No presente experimento, o capim Tanzânia sem aditivo (T2) também apresentou teor de FDN maior que o observado no T1.

A avaliação dos valores médios de densidade da MV (509 kg/m^3) e porosidade (50), dos quatro tratamentos, mostrou não haver diferenças que comprometessem os demais resultados, dependentes destas variáveis. Paziani (2004) verificou em silagem de capim Tanzânia, com tamanho médio de partículas de 22 mm, densidade de MV de 523 kg/m^3 e porosidade de 50.

No presente experimento, houve pequena variação do tamanho médio de partículas entre os tratamentos, o que era esperado uma vez que a colhedora de forragem foi regulada para obtenção de tamanho médio de partículas semelhantes. As silagens de capins Marandu (T1 e T3) e Tanzânia (T2 e T4) apresentaram tamanho médio de partículas de 43 e 41 mm, respectivamente.

Apesar destas silagens terem apresentado tamanho médio de partículas 90,9% superior ao valor reportado por Paziani (2004), não houve diferença quanto a porosidade e a densidade da MV se mostrou apenas 2,8% superior ao do presente experimento. A autora ressalta que os silos tubulares revestidos por lona plástica não permitem compactação tão intensa.

Estes dados ratificam a teoria de que a obtenção de maiores ou menores valores de densidade estarão diretamente relacionados ao tamanho médio de partículas, mas também aos fatores peso e tempo de compactação, camada de forragem a ser compactada, taxa de enchimento e teor de MS da forragem (HOLMES e MUCK, 1999).

Na ausência de aditivo, os valores de pH das silagens de capins Marandu e Tanzânia foram de 4,7 e 4,9, respectivamente. Bergamaschine et al. (2006) e Paziani (2004) avaliando, respectivamente, silagens de capins Marandu e Tanzânia, verificaram valor de pH de 4,9. Portanto, para silagens de capins, valores de pH mais elevados é algo recorrente e, de forma isolada, não podem ser utilizados para explicar o valor nutritivo de uma silagem.

Tão importante quanto a obtenção do valor de pH seria a determinação da velocidade de decréscimo deste parâmetro. Embora esta não tenha sido mensurada, as silagens aditivadas com ácido fórmico e formato de amônio (T3 e T4) tiveram seus valores de pH reduzidos, tão logo o aditivo entrou em contato com a forragem. A Tabela 49 traz os valores médios de pH de 5,6 para as forragens não aditivadas (T1 e T2) e de 4,6 para aquelas aditivadas (T3 e T4).

Portanto, as silagens aditivadas não somente apresentaram menores valores de pH, como também resultaram em rápida queda deste parâmetro, o que pode explicar a maior preservação de CHOs, PB, ácido lático e maior coeficiente de DVIVMS. Siebald et al. (2003) também reportaram redução de pH e maior preservação de CHOs, quando forragens foram aditivadas com ácido fórmico e formato de amônio.

Apesar das silagens terem apresentado coeficientes de DVIVMS inferiores ao que poderia ser considerado ideal para estas espécies forrageiras, os 82 dias de crescimento propiciaram elevada produtividade. Este parâmetro não foi mensurado, mas observado durante todo período de crescimento da planta. Certamente, a interceptação luminosa atingiu valores de 100% e, neste caso, é provável que tenha havido senescência de perfilhos basais, o que pode ter comprometido o acúmulo de MS.

As perdas por deterioração, mensuradas a partir de análise sensorial no painel do silo, apresentaram valor médio de 15,8%. O menor (14,3%) e maior (18,7%) valor de perdas foram representados, respectivamente, pelos tratamentos T3 e T4. Estes valores são comumente reportados pela literatura e podem ser considerados razoáveis, embora o ideal seria obter perdas inferiores a 10%. Ao avaliar o mesmo parâmetro em silos tubulares revestidos por lona plástica, Paziani (2004) verificou 16,8 e 22,5% de perdas em silagens de capim Tanzânia controle e tratadas com inoculante bacteriano.

A metodologia utilizada para avaliação das perdas, em silos de grande escala, não avalia as perdas decorrentes da produção de gases e efluente. Sendo assim, fica uma lacuna na determinação das perdas, pois os experimentos em silos experimentais (laboratoriais) demonstram haver perdas significativas de MS na forma de gases. No capítulo 5, as silagens aditivadas com AF62 apresentaram maiores recuperações de MS, quando comparadas às silagens controle, fato decorrente da menor produção de gases. Na ausência desta determinação, há impossibilidade de inferir ao aditivo empregado um provável efeito benéfico.

É importante ressaltar que a discussão das variáveis obtidas para as silagens, teve como finalidade dar consistência aos resultados verificados no capítulo 5, auxiliar na discussão dos valores de NDT destas silagens, os quais foram preditos pelo NRC (1996) e, por fim, comparar com aqueles reportados pela literatura. Como não houve

possibilidade de inferência estatística, as comparações foram realizadas sem a pretensão de indicar o melhor tratamento.

6.2.2.2 Composição químico-bromatológica e digestibilidade das rações

A composição químico-bromatológica e o coeficiente de DVIVMS das rações experimentais estão descritos na Tabela 54. Houve efeito significativo da interação espécie x aditivo para as variáveis MS, PB e FDA.

Tabela 54 – Valor nutritivo das rações fornecidas aos animais

Variáveis	Tratamentos						Efeito		Interação
	T1	T2	T3	T4	Média	<i>EPM</i>	E	A	E x A
MS, %	41,5	40,0	41,8	40,5	41,0	0,03	*	*	*
Cinzas, % MS	8,9	10,9	8,5	10,6	9,7	0,1	*	*	ns
PB, % MS	11,9	12,1	13,3	13,0	12,6	0,2	ns	*	*
FDN, % MS	52,3	53,9	52,4	53,0	52,9	0,5	*	ns	ns
FDA, % MS	30,4	33,1	31,7	32,9	32,0	0,4	*	ns	*
DVIVMS, %	66,8	66,2	66,3	65,3	66,2	0,5	ns	ns	ns

[†] T1: Ração contendo silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Ração contendo silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Ração contendo silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Ração contendo silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

Os maiores teores de MS foram verificados nas rações contendo silagens de capim Marandu (T1 e T3), as quais diferiram daquelas contendo capim Tanzânia (T2 e T4). Esta diferença não era esperada, pois apesar das silagens de capim Marandu terem apresentado maior teor médio de MS, os valores foram similares. A proximidade dos valores resultou no pequeno coeficiente de variação, o que explica a diferença estatística entre os tratamentos.

As rações contendo silagens aditivadas (T3 e T4) também apresentaram maiores teores de MS (Tabela 55). No capítulo 5, ocorreu algo semelhante, visto que as silagens aditivadas com ácido fórmico e formato de amônio (AF 62) apresentaram maior teor de MS (27,9 vs. 26,8%) e menor perda por gases (1,3 vs. 6,8% MS) quando comparadas àquelas não aditivadas. Nsereko e Rooke (2000) também verificaram

aumento no teor de MS (13,8 para 16,6%) ao avaliar silagens de Azevém perene aditivadas com ácido fórmico puro.

Apesar de não ter sido mensurada, pode ter havido menores perdas por gases nas silagens aditivadas, pois no capítulo 5 e no experimento de Nsereko e Rooke (2000) houve redução das perdas fermentativas das silagens, quando na presença de ácido fórmico.

Tabela 55 – Teores de matéria seca, proteína bruta e fibra insolúvel em detergente ácido das rações cujas silagens foram submetidas aos efeitos das espécies e do aditivo

Espécie Forrageira	Aditivo Químico	
	Ausente	Presente
Matéria Seca (%)		
Marandu	41,5 ^{aB}	41,8 ^{aA}
Tanzânia	40,0 ^{bB}	40,5 ^{bA}
Proteína Bruta (% MS)		
Marandu	11,9 ^B	13,3 ^{aA}
Tanzânia	12,1 ^B	13,0 ^{bA}
FDA (% MS)		
Marandu	30,4 ^{bB}	31,7 ^{bA}
Tanzânia	33,1 ^a	32,9 ^a

Marandu x ausente = T1; Tanzânia x ausente = T2; Marandu x presente = T3 e Tanzânia x presente = T4. Médias na linha, seguidas de diferentes letras maiúsculas, para a mesma variável, diferem entre si ($P < 0,05$).

Médias na coluna, seguidas de diferentes letras minúsculas, para a mesma variável, diferem entre si ($P < 0,05$).

As rações foram formuladas para conter teor de PB de 11,9%, valor verificado nas rações T1 (11,9%) e T2 (12,1%). No entanto, as rações T3 e T4, que continham silagens aditivadas, apresentaram teores de PB de 13,3 e 13,0%, tendo diferido daquelas não aditivadas. Como ressaltado no item anterior, as silagens aditivadas foram beneficiadas pelo ácido fórmico e formato de amônio, o que incrementou o teor de PB destas silagens.

Quanto ao teor de FDA, as rações T1 e T3 apresentaram menores valores, tendo diferido das rações T2 e T4. É provável que esta diferença tenha sido decorrente das silagens que participaram da composição das rações. Apesar de não ter sido analisada estatisticamente, as silagens de capim Marandu apresentaram menores teores de FDA, tanto na ausência quanto na presença do aditivo químico. O teor médio de FDN das rações T1 e T3 foi de 52,3%, enquanto nas rações T2 e T4, o teor médio foi de 53,5%, tendo diferido estatisticamente para o efeito espécie.

As diferenças entre os tratamentos apontaram para o maior valor nutritivo das rações contendo silagens de capim Marandu (MS, PB, FDN e FDA), bem como para aquelas contendo silagens aditivadas (MS e PB). Porém, nas demais variáveis isto não ocorreu. As diferenças observadas para estas variáveis não foram suficientes para alterar os coeficientes de DVIVMS das rações, cujo valor médio foi de 66,2%.

Embora exista diferença entre os valores de DVIVMS e NDT, para efeito de predição de desempenho estas variáveis foram consideradas numericamente semelhantes. Sendo assim, o valor de NDT de 67% estabelecido pelo programa NRC (1996), visando GPD de 1,10 kg/animal, se aproximou do valor médio de DVIVMS (66,2%) das rações.

6.2.2.3 Desempenho dos animais

Para todas as variáveis de desempenho avaliadas, foi verificado efeito de raça (Canchim e Nelore) e de período (1-28, 29-56 e 57-84 dias). Como a finalidade era avaliar, principalmente, os efeitos da espécie forrageira (Marandu e Tanzânia) e do aditivo químico (ausente ou presente), a discussão quanto à raça e período foi restrita.

A IMS e o GPD das fêmeas da raça Canchim foram de 8,46 kg/dia e 1,12 kg, respectivamente. Estes valores foram 13,2 e 20,2% maiores que aqueles observados para as fêmeas Nelore, as quais tiveram IMS de 7,47 kg/dia e GDP de 0,93 kg. A relação entre IMS e GDP foi favorável aos animais da raça Canchim, cuja CA (kg MS ingerida/kg ganho de peso) foi inferior ao valor observado para as fêmeas Nelore. O melhor desempenho ou maior eficiência dos animais Canchim, em confinamento, era esperado, o que explica a utilização do delineamento em blocos.

Comportamento semelhante foi verificado por Paziani (2004) ao avaliar o desempenho de 58 novilhas (Canchim e Nelore) em confinamento, com rações contendo 55% de silagem de capim Tanzânia. A autora observou maior GDP (1,19 vs 0,87 kg) e melhor CA (7,33 vs 8,48) das fêmeas Canchim quando comparadas as Nelore.

A diferença somente não se mostrou significativa para a variável IMS (% PV), com valores de 2,42 e 2,46% para as fêmeas Canchim e Nelore, como pode ser observado na Figura 3.

Médias na barra, seguidas de diferentes letras, para a mesma variável, diferem entre si ($P < 0,05$).

Figura 3 – Valores médios de ingestão de MS, conversão alimentar e ganho de peso diário das fêmeas Nelore e Canchim recebendo rações contendo silagens de capins Marandu ou Tanzânia

Quanto aos períodos experimentais, o comportamento apresentado pelas variáveis IMS (kg/dia) e CA foi semelhante. Com o decorrer do experimento (períodos 1, 2 e 3), os animais aumentaram a IMS (6,73, 8,23 e 8,93 kg/dia), o que foi acompanhado do incremento da CA (5,9, 7,5 e 11,2).

Com o aumento do peso vivo, era esperado que os animais tivessem incremento das exigências energéticas e protéicas. Como não houve alteração da composição das

rações, estes animais passaram a ingerir maior quantidade de MS. O aumento da IMS (kg/dia) não foi acompanhado do incremento no GPD, o que resultou nos maiores valores de CA (Figura 4).

Médias na barra, seguidas de diferentes letras para a mesma variável, entre períodos, diferem entre si ($P < 0,05$).

Figura 4 – Valores médios de ingestão de MS, ganho de peso e diário e conversão alimentar dos bovinos consumindo rações contendo silagens de capins Marandu ou Tanzânia determinados durante os três períodos de avaliação

Ao avaliar o desempenho de quatro grupos genéticos, que incluíam as raças Nelore e Canchim, Goulart (2006) verificou elevada IMS (média de 3,1% PV) no primeiro período experimental (28 dias), a qual apresentou declínio ao longo dos 101 dias de confinamento (média de 2,4%). O valor médio de IMS observado no presente experimento, para o primeiro período experimental foi de 2,3% PV, valor inferior ao reportado pelo autor. Porém, no período total de confinamento, a IMS foi de 2,4% PV, semelhante ao reportado por Goulart (2006).

Após avaliação de 101 dias, o autor verificou maior eficiência alimentar, para os quatro grupos genéticos, nos primeiros 28 dias de confinamento. Comportamento

semelhante ao do presente experimento, visto que o primeiro período apresentou o menor valor de CA (5,9), que se traduz em maior eficiência alimentar (Figura 4). A maior IMS (% PV) e eficiência alimentar reportada por Goulart (2006), no início do experimento, foram atribuídas ao ganho de peso compensatório, estimulado pela baixa oferta de alimento, no período que antecedeu o confinamento.

Para efeito de comparação, a discussão dos resultados foi realizada com base na média dos tratamentos, nos quais estavam contidas as duas raças e os três períodos experimentais. As variáveis de desempenho animal, descritas como médias dos quatro tratamentos podem ser observadas na Tabela 56. Para as quatro variáveis avaliadas, não foi verificado efeito de espécie, de aditivo e da interação espécie x aditivo. Os valores médios observados para GPD, IMS, em kg/dia e % PV e CA foram de 1,02 kg, 7,97 kg/dia, 2,44% PV e 8,10 kg MS/kg GDP, respectivamente.

Tabela 56 – Ganho de peso diário, ingestão de MS e conversão alimentar dos animais recebendo rações contendo silagens como fonte de alimento volumoso

Variáveis ¹	Tratamentos ²					EPM ³	Efeito ⁴		Interação E x A
	T1	T2	T3	T4	Média		E	A	
PMI, kg	268	269	269	267	268				
PMF, kg	354	348	356	352	353				
GPD, kg/dia	1,05	0,99	1,03	1,02	1,02	0,05	ns	ns	ns
IMS, kg/dia	8,11	7,71	8,22	7,82	7,97	0,35	ns	ns	ns
IMS, % PV	2,46	2,35	2,50	2,44	2,44	0,07	ns	ns	ns
CA, kg MS/GPD	8,25	7,92	8,29	7,95	8,10	0,38	ns	ns	ns

¹ PMI = Peso médio inicial; PMF= Peso médio final; GPD = Ganho de peso diário; IMS = ingestão de matéria seca; PV = Peso vivo; CA = Conversão Alimentar.

² T1: Ração contendo silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Ração contendo silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Ração contendo silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Ração contendo silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

³ EPM = Erro padrão da média.

⁴ E = Espécie forrageira e A = Aditivos.

Dentre os tratamentos, aquele contendo silagem de capim Marandu não aditivada (T1) foi o que mais se aproximou do GDP predito pelo NRC (1996), que seria de 1,10 kg. O tratamento mais distante foi o T2, cujo GDP foi de 0,99 kg. Se considerado os 84 dias de confinamento e o número de animais por tratamento (20),

aqueles pertencentes ao T1 apresentaram ganho de peso acumulado de 1.764 kg, e para isto ingeriram 13.625 kg de ração. No mesmo período, os animais do T2 tiveram menor ganho de peso acumulado (1.663 kg), porém menor IMS (12.953 kg).

Portanto, se comparado com o T2, os animais do T1 precisaram ingerir 672 kg a mais de ração, para acumularem 101 kg de PV. Caso seja considerado um rendimento de carcaça de 55%, o T1 terá produzido 3,7 arrobas a mais. Considerando o preço pago pela arroba de fêmea e o custo da ração, a receita líquida será semelhante. Este fato ratifica a ausência de diferença entre os tratamentos.

Os tratamentos 1 e 3 não diferiram, respectivamente, dos tratamentos 2 e 4, para os parâmetros de desempenho avaliados. Isto significa que não houve efeito da espécie forrageira utilizada. A análise das silagens (Tabela 50) e, posteriormente das rações contendo estas silagens, sinalizava melhor composição químico-bromatológica para os tratamentos contendo silagens de capim Marandu (T1 e T3). Porém, a análise dos coeficientes de DVIVMS das rações, mostrou não haver diferença entre os tratamentos (Tabela 54), o que corrobora com os resultados de desempenho semelhantes.

Ao avaliarem os capins Marandu e Tanzânia, colhidos a cada 35 dias de crescimento vegetativo, no período das águas, Soares Filho, Rodrigues e Perri (2002) não verificaram diferenças quanto à produção de MS (11,4 vs. 11,8 t) e coeficiente de DVIVMS (55,1 vs. 55,4%). No presente experimento, com o avanço da idade de rebrotação, as espécies forrageiras podem ter apresentado alteração das características morfológicas e estruturais, o que auxiliaria na explicação das diferenças numéricas de valor nutritivo das silagens.

Partindo do princípio que não houve diferença estatística, foram agrupados os animais dos tratamentos 1 e 3 que apresentaram GPD médio de 1,04 kg e ingestão de MS média diária 8,17 kg de ração. O mesmo cálculo realizado para os animais dos tratamentos 2 e 4, resultaram no GPD médio de 1,00 kg e IMS de 7,77 kg/dia. Embora as rações contendo silagens de capim Marandu propiciaram maior GDP, a IMS foi incrementada nestes tratamentos, o que resultou em CA semelhante.

Ao avaliar o desempenho dos mesmos grupos raciais, que receberam silagem de capim Tanzânia não aditivada como ingrediente volumoso, Paziani (2004) verificou

GPD de 0,95 kg, IMS de 2,33% PV e CA de 8,28 kg MS/kg GPD. Estes valores se assemelham aos observados no T2 para IMS e se aproximam para as demais variáveis. O maior GPD (0,40 kg/dia) e a melhor CA (7,92 vs 8,28) observados poderiam ser explicados pela categoria animal. O presente experimento contou com a participação de animais mais jovens e com menor peso, o que poderia justificar estes resultados.

Não houve efeito do aditivo para as variáveis de desempenho animal avaliadas, visto que os tratamentos 1 e 2 não diferiram, respectivamente, dos tratamentos 3 e 4. Como reportado anteriormente, as rações contendo silagens aditivadas não diferiram daquelas não aditivadas quanto ao coeficiente de DVIVMS.

Em estudo de desempenho com carneiros, Wilkins et al. (1971) verificaram que a ingestão de MS, de 70 silagens, se correlacionou positivamente com os teores de MS, N Total e ácido láctico. Porém, o teor de ácido acético e o teor de N-NH₃, em percentual do N Total, correlacionaram-se negativamente com a ingestão de MS.

Os efeitos benéficos do ácido fórmico em melhorar a ingestão voluntária de silagens não eram observados no passado, pois as recomendações eram de 2,3 L/t de forragem úmida, o que se caracterizava em efeitos marginais do aditivo (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A dosagem utilizada no presente experimento foi de 4 L/t forragem úmida, a qual se apresentou como valor intermediário da recomendação da empresa fabricante do aditivo (3 a 6 L/t forragem úmida).

Os animais que receberam rações contendo silagens aditivadas (T3 e T4) tiveram IMS diária de 0,11 kg superior aos animais dos tratamentos 1 e 2. Apesar desta diferença ter sido apenas numérica, poderia ser explicada pela composição das silagens, quanto aos teores de N-NH₃, ácido láctico e ácido acético.

As silagens aditivadas (T3 e T4) apresentaram menores teores de N-NH₃ (9,0 e 11,8% N Total) e ácido acético (4,4 e 4,6%), bem como maiores teores de ácido láctico (1,7 e 0,8). As silagens não aditivadas apresentaram teor de N-NH₃ acima de 20% N Total. Segundo relatos de McDonald, Henderson e Heron (1991), silagens com teores de N-NH₃ superiores a 20% N Total deveriam ser caracterizadas como sendo de baixa qualidade.

Ao avaliarem doses crescentes de ácido fórmico adicionado a silagens de capim-de-rebanho, Jaakkola, Kaunisti e Huhtanen (2006) verificaram que o incremento

das doses resultou em maior utilização de energia e/ou proteína como substratos para os microrganismos do rúmen, bem como promoveu alterações no padrão de síntese de AGV. Para estes autores, o melhor desempenho dos animais recebendo esta silagem, poderia ser, em parte, explicada pelo melhor balanço de aminoácidos, principalmente pelo incremento de lisina e arginina.

Ao aplicarem ácido fórmico ao azevém (5 L/t forragem úmida), Henderson et al. 1989, apud McDonald, Henderson e Heron (1991) verificaram silagens de melhor qualidade. Estas propiciaram maior IMS (0,92 e 0,63 kg/dia), maior GPD (0,16 e 0,06 kg) e a melhor eficiência alimentar (0,17 e 0,09 kg PV/kg MS) de cordeiros que receberam silagens (tratadas e não tratadas, respectivamente) e 0,6 kg/dia de subproduto de cervejaria. Segundo os autores, isto estaria relacionado com o decréscimo imediato do pH, o que inibiu microrganismos, resultando na preservação de CHOs.

Em ambos trabalhos supracitados, os autores utilizaram maiores concentrações de ácido fórmico e maior percentual de silagem, o que poderia justificar as diferenças observadas. Talvez, se a participação percentual do ingrediente volumoso na ração tivesse sido maior, diferenças entre as variáveis de desempenho pudessem ser verificadas. Contudo, o percentual de silagem adotado na composição da ração, pode ser considerado adequado para detectar diferenças entre os tratamentos e, necessário para possibilitar ganho de peso acima de 1,0 kg/dia, a partir dos ingredientes disponibilizados para formulação das rações.

Winters, Fychan e Jones (2001) também verificaram efeitos positivos da aplicação de ácido fórmico em azevém com alto teor de umidade (19,7% MS), no momento da ensilagem. Após terem ofertado exclusivamente silagens, durante 69 dias, a novilhos Chalorês, os autores observaram maior IMS (8,41 e 7,42 kg MS/dia) e maior GPD (0,94 e 0,66 kg) para animais recebendo silagem aditivada e não aditivadas, respectivamente.

Para Restle et al. (2003) o baixo teor de MS de forrageiras não-graníferas, na ensilagem, seria um dos fatores responsáveis pela menor qualidade das silagens. Os teores de MS das forragens, no momento da ensilagem, apresentaram valores acima de 23,5%. Caso as espécies forrageiras tivessem sido colhidas com teor de MS inferior

a 20%, os efeitos benéficos do ácido fórmico, comprovados por Winters, Fychan e Jones (2001), poderiam ter sido verificados no desempenho animal.

As variáveis de desempenho avaliadas não resultaram em diferenças estatísticas entre os tratamentos. As avaliações realizadas nas demais respostas obtidas dentro de todo processo produtivo, como perdas por deterioração, mostrou que o aditivo químico empregado, na dosagem utilizada, não se traduziu em benefícios que justificassem sua adoção. Quanto às espécies forrageiras empregadas, a escolha deverá ser pautada na produtividade e custo referente à adubação.

6.2.2.4 Predição do ganho de peso, ingestão e valor energético das rações

A distribuição dos valores observados vs. preditos pelo NRC (1996), para as variáveis GDP e IMS, em kg/dia, está representada graficamente na Figura 5. Para determinação do GPD predito foi fixado o valor médio de IMS observado na baía. A composição das silagens, bem como dos ingredientes concentrados foram utilizados para abastecer o programa. Para as variáveis exigidas, porém não determinadas analiticamente, foram adotados os valores prováveis, reportados na literatura como sendo padrão para estes ingredientes.

Nos dois gráficos podem ser observados 24 pontos, os quais representam cada uma das baias (unidades experimentais) submetidas aos quatro tratamentos. Para as duas variáveis apresentadas, pode-se observar a presença de oito pontos localizados na porção inferior esquerda. Para variável GPD, estes pontos estão localizados acima da linha, o que significa que os valores de ganho de peso observados foram maiores que aqueles estimados. No entanto, para IMS, os pontos estão localizados abaixo da linha, indicando valores de IMS observados menores que os preditos pelo nível 1 do NRC (1996). Estes pontos representam as oito baias (duas para cada tratamento) que alojaram os animais com menor peso vivo.

Figura 5 - Valores de ganho de peso diário e ingestão de MS observados e preditos pelo NRC (1996) em fêmeas Nelore e Canchim recebendo rações contendo silagens de capins Marandu ou Tanzânia, com ou sem a presença de aditivo químico

Estas baias foram constituídas pelos animais mais leves, os quais não necessariamente eram mais jovens (categoria de bezerras). A distribuição dos animais nas baias foi homogênea e seguiu o mesmo critério nos quatro tratamentos. A presença de animais mais velhos (novilhas leves), nestas baias, pode ter resultado em ganho de peso compensatório.

Em adição, embora pequena, pode ter ocorrido maior participação percentual de polpa cítrica peletizada nas rações oferecidas à essas oito baias. O arraçoamento sempre era iniciado por estas baias, e mesmo adotando tempo de mistura que permitisse homogeneização eficiente, na abertura da janela de arraçoamento era observado maior liberação de PCP. Caso isto tenha ocorrido, não deveria ter ocorrido benefício de nenhum tratamento, pois a seqüência de distribuição foi semelhante durante todo período experimental.

Ao trabalhar com tourinhos de mesmo grupo racial, recebendo silagem de cana-de-açúcar como ingrediente volumoso e os mesmos ingredientes concentrados utilizados no presente experimento, Schmidt (2006) também verificou, em todas as unidades experimentais, maiores valores de GDP observado vs. aqueles preditos pelo NRC (1996). Para a variável IMS, o valor médio observado pelo autor, para todos os tratamentos, representou 79,4% do valor médio predito pelo programa. Segundo o

autor, diferenças de IMS estariam relacionadas a fatores não contemplados pelo programa, como produtos voláteis de fermentação, como é o caso do ácido acético.

Das 16 baias restantes, onde foram alocados os animais mais pesados, aproximadamente nove apresentaram situação oposta a verificada nas oito baias descritas acima. Os valores de GDP observados foram inferiores aqueles preditos, enquanto a quantidade de MS ingerida foi maior do que a predita. O menor valor de IMS predito pelo NRC (1996) era esperado, pois o desenvolvimento do programa foi estabelecido com base em animais europeus, recebendo como fonte de alimento volumoso gramíneas temperadas.

A literatura aponta que o programa NRC subestima a ingestão de MS em percentual de FDN, quando o ingrediente volumoso é representado por gramíneas tropicais. Sendo assim, apesar de haver maior teor de FDN nestas espécies, este apresenta maior valor nutritivo quando comparado com gramíneas temperadas. Portanto, é provável que a predição de menor ingestão verificada nestas nove baias seja decorrente da limitação do programa.

Os valores médios de GDP (1,02 kg) e IMS (7,97 kg) observados, considerando a média dos quatro tratamentos, foram 4,1 e 0,6% superiores aos respectivos valores médios (0,98 kg/dia e 7,92 kg) preditos pelo NRC (1996). É possível inferir que os valores médios de IMS preditos pelo NRC (1996) foram semelhantes aos valores médios observados. Entretanto, para os valores médios de GDP observados vs. preditos, embora a diferença tenha sido pequena, houve subestimativa do programa NRC.

A avaliação dos tratamentos mostrou que os valores médios de GDP observados para os tratamentos 1 (1,04 kg) e 3 (1,03 kg) foram 1,0 e 3,9% inferiores aos seus respectivos valores preditos pelo NRC (1996). Contudo, para os mesmos tratamentos (1 e 3), os valores médios de IMS observados foram 2,5 e 1,7% superiores aos valores preditos. Sendo assim, para estes tratamentos, os maiores valores médios de GDP observados, poderiam ser justificados pelos maiores valores médios de IMS observados, quando comparados aos valores preditos.

Comportamento oposto foi verificado nos tratamentos contendo silagens de capim Tanzânia (T2 e T4), cujos valores médios de GDP observados foram,

respectivamente, 15,1 e 7,4% superiores aos valores preditos, enquanto os valores médios de IMS foram 1,8 e 0,9% inferiores aqueles preditos pelo NRC (1996). Para estes tratamentos, houve maiores valores médios de GPD observados, os quais foram acompanhados por menores valores médios de IMS observados, quando comparados aos valores preditos.

Perante o exposto, a avaliação indica que os tratamentos representados pelas silagens de capim Tanzânia (T2 e T4) teriam propiciado melhores resultados, tendo em vista que os animais ingeriram menor quantidade de MS e ganharam mais peso do que foi predito. Estes resultados só poderiam ser explicados pelo valor nutritivo das silagens, tendo em vista que as rações continham a mesma relação volumoso:concentrado.

Partindo deste princípio, a melhor predição feita para os tratamentos 2 e 4, contrariam o valor nutritivo e o coeficiente de DVIVMS das silagens, o que foi discutido no item 6.2.2.1. Apesar das silagens não terem sido submetidas à análise estatística, aquelas representadas pelo capim Tanzânia apresentaram menores teores de PB, CHOs e coeficiente de DVIVMS quando comparado ao capim Marandu.

Para que os valores médios de NDT estimados pelo NRC (1996) pudessem ser confrontados com os valores médios observados, assumiu-se que os coeficientes médios de DVIVMS das silagens, obtidos em análise laboratorial, representariam aos valores de NDT observados.

As silagens de capins Marandu e Tanzânia tiveram seus teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) estimados pelo NRC (1996), nível 1 (tabular). Para realização deste cálculo, foi fixado o valor médio de IMS observado na baia (unidade experimental). O ganho de peso estimado pelo NRC foi então comparado com o ganho de peso observado. O valor de NDT estimado foi definido como sendo aquele determinado no momento em que os valores de GDP observados e estimados se equivaleram (Tabela 57).

Tabela 57 – Valor energético (NDT) das silagens de capins Marandu e Tanzânia estimados por simulação realizada pelo programa NRC (1996)

Variáveis ¹	Tratamentos ²					EPM ³	Efeito ⁴		Interação
	T1	T2	T3	T4	Média		E	A	
GPD obs., kg/dia	1,05	0,99	1,03	1,02	1,02	0,05	ns	ns	ns
IMS obs., kg/dia	8,11	7,71	8,22	7,82	7,97	0,35	ns	ns	ns
NDT estimado, %	44,5	46,4	43,6	46,3	45,2	1,30	ns	ns	ns

¹ GPD obs = Ganho de peso diária observado; IMS obs = Ingestão de matéria seca observada; NDT = Nutrientes digestíveis totais estimado pelo NRC (1996).

² T1: Silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

³ EPM = Erro padrão da média.

⁴ E = Espécie forrageira e A = Aditivos.

A tabela 57 mostra não ter havido diferença entre os tratamentos para a variável NDT estimado, o que ratifica a falta de resposta da espécie forrageira e do aditivo em alterar as variáveis de desempenho. A comparação entre os valores médios de NDT observados (45,8%) vs. estimado (46,2%), para os tratamentos 2 e 4, mostrou que o valor médio estimado foi apenas 0,8% superior ao valor observado. O mesmo raciocínio realizado para os tratamentos 1 e 3, propiciaram valor médio de NDT estimado, 12,8% inferior aquele determinado analiticamente.

A explicação para estes resultados poderia estar relacionada a uma subestimativa do NRC, quanto ao valor nutritivo das silagens de capim Marandu. Pelo fato dos animais terem ingerido maior quantidade de MS do que foi predito pelo programa NRC (1996), o mesmo recalculou valores de NDT preditos inferiores aqueles observados. Para as silagens de capim Tanzânia, o incremento nos valores de GDP observado, com pequena redução na IMS, fez com que o programa estimasse valores de NDT numericamente maiores do que aqueles estimados para as silagens de capim Marandu.

As diferenças nos valores de NDT observadas vs. aqueles estimados pelo NRC, para as silagens de capim Marandu, poderia estar relacionado ao fato da estimativa de NDT tradicional desconsiderar compostos voláteis, dentre eles os ácidos graxos.

Os valores de energia líquida (EL) das rações observados foram calculados com base no sistema de equações proposto por Zinn e Shen (1998), enquanto os valores de EL esperados foram estimados pelo NRC (1996). Para esta estimativa as equações do NRC foram abastecidas com a proporção, em kg, dos ingredientes participantes da ração, bem como a composição químico-bromatológica dos mesmos. Diferentemente do cálculo de EL observada, que utiliza o GPD, IMS e peso metabólico dos animais, o valor de EL esperada independe do grupo genético, idade e peso dos animais.

A relação existente entre os valores de EL observada e esperada também foi calculada, como mostra a Tabela 58. Pelo fato do NRC (1996) reproduzir os mesmos valores de EL estimada para todas as baias, pertencentes ao mesmo tratamento, estes não foram avaliados estatisticamente. Para aquelas variáveis submetidas a análise estatística não foi verificada diferença entre os tratamentos.

Tabela 58 – Determinação dos valores de energia líquida observada e esperada das rações contendo silagens de capins Marandu e Tanzânia

Variáveis	Tratamentos ¹				Média	EPM
	T1	T2	T3	T4		
Valores Observados ²						
Energia Líquida de Manutença	1,53	1,59	1,53	1,55	1,55	0,03
Energia Líquida de Ganho	0,93	0,98	0,93	0,95	0,95	0.03
Valores Esperados ³						
Energia Líquida de Manutença	1,64	1,57	1,66	1,60	1,61	-
Energia Líquida de Ganho	0,88	0,82	0,90	0,84	0,86	-
Valores observados : Valores esperados						
Energia Líquida de Manutença	0,93	1,01	0,92	0,97	0,96	0,02
Energia Líquida de Ganho	1,06	1,20	1,04	1,13	1,11	0,03

¹ T1: Ração contendo silagem de capim Marandu não aditivada; T2: Ração contendo silagem de capim Tanzânia não aditivada; T3: Ração contendo silagem de capim Marandu aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida); T4: Ração contendo silagem de capim Tanzânia aditivada com ácido fórmico e formato de amônio (4 L/t forragem úmida).

² Valores obtidos por meio das equações de Zinn e Shen (1998) adaptadas por Pereira (2005).

³ Os valores esperados foram obtidos pelo programa do NRC (1996).

Quanto a EL de manutenção, com exceção do tratamento 2, cujos valores foram muito próximos, nos demais tratamentos, os valores observados foram inferiores aqueles estimados. É necessário ressaltar que as diferenças entre os valores de EL de manutenção observados vs. esperados foram pequenas. A relação entre estes valores, considerando a média dos quatro tratamentos foi de 0,96, o que comprova esta afirmação.

A mesma relação realizada para os valores de EL de ganho (observados vs. esperados), considerando todos os tratamentos, resultou no valor 1,11. Isto demonstra que os valores de EL de ganho observados foram superiores aqueles valores calculados pelo NRC. Para este parâmetro, todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento.

Ao confrontar os dois sistemas de equações utilizados para determinação dos valores de EL de manutenção e de ganho, observados e esperados, é possível afirmar que os dois sistemas mais se aproximaram quando a variável avaliada foi a EL de manutenção (média de 0,96). Para a variável EL de ganho, a relação foi de 1,11, demonstrando que houve pequena subestimativa do programa NRC, o que pode ser ratificado pelos maiores GPD observados. Estes resultados corroboram com aqueles verificados por Schmidt (2006), que também verificou maior proximidade entre os sistemas de equações para a variável EL de manutenção.

Os tratamentos 2 e 4 apresentaram valores de GPD observados maiores que aqueles preditos, mesmo tendo ingerido menor quantidade de MS, visto que os valores observados foram inferiores aos preditos. Embora não tenham diferido estatisticamente dos demais tratamentos, estes contendo silagem de capim Tanzânia, apresentaram as maiores relações de EL observadas vs. preditas, tanto para manutenção, quanto para ganho.

É provável que tenha havido subestimativa da EL pelo programa NRC, o que se traduziu em maior desempenho dos animais recebendo as rações (T2 e T4). Para os tratamentos que continham silagem de capim Marandu (T1 e T3), embora os valores de EL de ganho observados tenham sido maiores que os valores estimados, estes foram muito próximos o que pode explicar o fato destes tratamentos terem apresentado valor médio de GPD 2,0% inferior aquele predito.

Consideradas as limitações apresentadas pelas equações do NRC (1996), quando o ingrediente volumoso é representado por gramíneas tropicais, os valores preditos para todas as variáveis avaliadas, quando comparadas com os valores observados podem ser considerados satisfatórios e auxiliaram na compreensão dos resultados observados para as variáveis GPD e IMS.

6.3 Conclusões

O aditivo químico, independente da espécie forrageira, se mostrou efetivo em melhorar numericamente o valor nutritivo das silagens. O grande poder de dissociação do ácido fórmico, provavelmente, foi responsável pela rápida redução dos valores de pH, o que resultou em menor proteólise e deaminação, maior preservação de PB, CHOs e maior coeficiente de DVIVMS.

Apesar da silagem de capim Marandu, tratada com o aditivo ter apresentado a menor perda por deterioração, essa tendência não se repetiu quando a silagem aditivada foi a de capim Tanzânia. De modo geral, as perdas por deterioração apresentaram valores similares e classificaram as silagens dentro do que seria considerado aceitável.

Tão importante quanto as perdas por deterioração, seria a mensuração das demais perdas, principalmente, aquelas oriundas da produção de gases. Portanto, fica sugerido a realização de novos experimentos, avaliando este aditivo em reduzir perdas em silos de grande escala, pois o ácido fórmico se mostrou muito eficiente em minimizar estas perdas em silos experimentais.

Seguindo o mesmo comportamento das silagens, as rações contendo silagens de capim Marandu, ou aquelas aditivadas, apresentaram melhor composição para algumas variáveis, porém não suficientes para alterar o coeficiente de DVIVMS das rações.

As variáveis de desempenho animal não resultaram em diferenças entre os tratamentos. As avaliações das demais respostas obtidas dentro de todo processo produtivo, como perdas por deterioração, mostrou que o aditivo químico empregado, na dosagem utilizada, não se traduziu em benefícios que justificassem sua adoção.

As rações contendo 44,2% de silagens não aditivadas, produziram desempenho animal satisfatório, o que poderia ter sido incrementado, caso as forragens tivessem sido colhidas com menor idade de rebrotação.

O exercício de comparar as variáveis de desempenho observadas, com aquelas previstas pelo programa de formulação utilizado (NRC, 1996) se mostrou uma ferramenta interessante, uma vez que auxiliou a compreensão e entendimento dos resultados obtidos.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington: AOAC, 1990, v.1, 1117p.

BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; FILHO, W.V.V.; ISEPON, I.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-Marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, Washington, v.8, p.130-137, 1962.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, Washington, v.28, p.350-356, 1956.

FNP Consultoria, ANUALPEC, **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: 2003 400p.

FOLHANEWS. Brasil lidera exportação de carne com US\$ 3,4 bi. 11/12/2006. Disponível em: <http://noticias.correioweb.com.br/materias.php>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; POSSENTI, R.A.; SCHAMMASS, E.A. Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.955-963, 2000.

GIGER-RIVERDIN, S. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.86, p.53-69, 2000.

GOULART, R.S. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências líquidas de crescimento de bovinos Nelore e três cruzamentos *Bos taurus* x Nelore**. 2006. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silo densities**. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JAAKKOLA, S.; KAUNISTO, V.; HUHTANEN, P. Volatile fatty acid proportions and microbial protein synthesis in the rumen of cattle receiving grass silage ensiled with different rates of formic acid. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.61, p.282–292, 2006.

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

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochts. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. 138p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7th.ed. Washington: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NSEREKO, V.L.; ROOKE, J.A. Characterisation of peptides in silages made from perennial ryegrass with different silage additives. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.80, p.725-731, 2000.

PALMIQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. Origin of plasma fatty acids in lactating cows fed high grain or high fat diets. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p.3152, 1971.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim Tanzânia**. 2004. 208p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

PEREIRA, E.M. **Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.17, p.264-268, 1966.
 PRYCE, J.D. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, Cambridge, v.94, p.1151-1152, 1969.

RESTLE, J.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; GONÇALVES, J.M.; PELLEGRINI, L.G. Avaliação da silagem de capim Papuã (*Brachiaria plantaginea*) por meio do desempenho de bezerros de corte confinados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.749-756, 2003.

SAS INSTITUTE. **The SAS System for Windows**: version 8.02. Cary, SAS Institute, 2001. 1 CD-ROM.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SIEBALD SCH., E.; DUMONT L., J.C.; NAVARRO D., H.; SANTANA D., R. Uso de ácido fórmico más formiato de amonio en ensilajes de praderas permanentes en el sur de Chile. **Agricultura Técnica** (Chile), v.63, n.3, p.251-258, 2003.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1981. 166p.

SOARES FILHO, C.V.; RODRIGUES, L.R.A.; PERRI, S.H.V. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo, **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1377-1384, 2002.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2nd ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Arlington, v.81, p.620-632, 1998.

WILKINS, R.J.; HUTCHINSON, K.J.; WILSON, R.F.; HARRIS, C.E. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.77, p.531-537, 1971.

WILLIAMS, A.G. The permeability and porosity of grass silage as affected by dry matter. **Journal of Agriculture Engineering Science**, v.59, p.133-140, 1994.

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

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Albany, v.76, p.1280-1289, 1998.