

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

**Desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo  
cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) fresca ou ensilada e o  
padrão de fermentação e a estabilidade aeróbia das silagens  
aditivadas**

**Lucas José Mari**

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

**Piracicaba  
2008**



**Lucas José Mari**  
**Médico Veterinário**

**Desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) fresca ou ensilada e o padrão de fermentação e a estabilidade aeróbia das silagens aditivadas**

Orientador:  
Prof. Dr. **LUIZ GUSTAVO NUSSIO**

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

**Piracicaba**  
**2008**

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

Mari, Lucas José

Desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) fresca ou ensilada e o padrão de fermentação e a estabilidade aeróbica das silagens aditivadas / Lucas José Mari. - - Piracicaba, 2008.

315 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Aditivos alimentares para animal 2. Bovinos de corte 3. Cana-de-açúcar  
4. Digestibilidade 5. Fermentação 6. Lactobacillus 7. Silagem 8. Valor nutritivo  
I. Título

CDD 636.2084

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**







*Aos meus pais, José Antônio e Marisa, pelo amor e apoio irrestrito,  
pela constante presença e cujas atitudes me demonstraram a  
conduta e a dignidade para me espelhar;*

*Aos meus irmãos Thiago e Débora, por todo amor demonstrado e  
por todas as alegrias vividas juntos;*

*À minha avó Zinha e à memória da minha avó Ruth (guardada  
sempre em meu coração), pelo amor e pelas orações que ajudaram a  
me fortalecer durante a caminhada;*

*Dedico este POUCO, tentando retribuir o MUITO que me  
proporcionaram!*





## AGRADECIMENTOS

Ao professor, orientador e amigo Luiz Gustavo Nussio, pela orientação, dedicação e confiança e apoio constantes durante esses anos. Um exemplo que sempre terei de profissionalismo e de caráter.

À todos meus familiares, avós, tios, tias, primos e primas que sempre torceram para que mais uma etapa fosse concluída, meu agradecimento com muito carinho, em especial ao meu primo e afilhado Vítor pelo seu sorriso e amor.

À minha amada namorada Renata Kairof pela paciência, compreensão, auxílio nas correções e aos seus familiares pela agradável convivência e acolhida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização deste trabalho.

É com grande alegria que me lembro da descontração e da amizade no ambiente de trabalho. Aos amigos da Equipe de Qualidade e Conservação de Forragens da USP/ESALQ: Daniel Sousa, Jhones Sarturi, José Leonardo Ribeiro, Sérgio de Toledo Filho (Porcão), Marta Junqueira, Mariele Camargo, Maity Zopollatto (Puki), Patrick Schmidt, Oscar Queiroz (Ataq) e Mateus Castilho (Biribol), o meu MUITO OBRIGADO! Sem a ajuda de vocês nada teria acontecido, agradeço o profissionalismo e a dedicação.

Aos demais que ficam: Ana Luiza Schogor, Gisele Muraro, Guillermo Muñoz Maldonado, Rafael Amaral, Rodrigo Dener, Rodrigo Goulart e Vanessa Santos, faço votos de que o elo não se rompa.

Ao funcionário do Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ, Carlos César Alves e à Dra. Carla Maris Bittar, pela amizade, pelos ensinamentos, grande auxílio e paciência dispensada durante as análises laboratoriais.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, pela formulação das rações experimentais, pelas contribuições, ensinamentos e pelo grande exemplo profissional.

Aos professores Dr. Alexandre Vaz Pires e Dr. Sila Carneiro da Silva pelas contribuições, tanto para o projeto, quanto para o material da qualificação, bem como oportunidade de convivência, pelos exemplos de seriedade e profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Albino Luchiari Filho pela ajuda na coleta e análise das amostras de carne.

Ao Prof. Dr. Gérson Barreto Mourão pelas sugestões e auxílio nas análises estatísticas.

Ao caro amigo Prof. Dr. Wilson Roberto Soares Mattos, por seu exemplo de dedicação, luta, conduta profissional e pessoal.

Às secretárias Giovana e Creide, à funcionária Tânia Armelindo, aos funcionários do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ: Sr. Laureano, Ricardo, Renato, Benedito, Sr. Agenor, Dinival, Juscelino, Émerson, Danilo, Pedro, Natalino e, em especial, ao Sr. Zé “Barba”, que muito me auxiliou na alimentação dos animais, o meu muito obrigado.

Ao Prof. Dr. Limin Kung Junior da University of Delaware que me acolheu durante o treinamento do programa de doutorado sanduíche.

Aos amigos que fiz durante a estadia nos EUA: Carol Oberlander, Jay Mills, Paulo e Sandra Freitas, Renato Schmidt, Dr. Wenping Hu e Dr. Zwi Weinberg.

Aos inúmeros estagiários que passaram pela Equipe de Qualidade e Conservação de Forragens.

Aos muitos amigos que fiz durante o curso de pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens, guardo-me no direito de não citar nomes para não correr o risco de me esquecer de alguém.

Ao meu grande amigo José Leonardo por todas as contribuições para este documento.

Aos amigos Adriano Beccari, Bruno Deponti, Cléber Zanin, Edmundo Benedetti, Eduardo Mendes de Lima, Felipe Godoy, Fernando Borges, Leonardo Rodrigues, Marcos Tsé, Max Scarpari, Rodrigo Garcia e Thiago Romanelli.

À CAPES por me conceder a bolsa de estudos no Brasil e, principalmente, pela bolsa de doutorado sanduíche, oportunidade ímpar para crescimento pessoal e profissional.

À empresa Lallemand Animal Nutrition pelo apoio técnico e financeiro.

E agradeço, sobretudo, a DEUS por me proporcionar essa oportunidade, por me iluminar e me guiar durante toda a minha vida.

## **BONS AMIGOS**

Abençoados os que possuem amigos, os que os têm sem pedir.

Porque amigo não se pede, não se compra, nem se vende.

Amigo a gente sente!

Benditos os que sofrem por amigos, os que falam com o olhar.

Porque amigo não se cala, não questiona, nem se rende.

Amigo a gente entende!

Benditos os que guardam amigos, os que entregam o ombro pra chorar.

Porque amigo sofre e chora.

Amigo não tem hora pra consolar!

Benditos sejam os amigos que acreditam na tua verdade ou te apontam a realidade.

Porque amigo é a direção.

Amigo é a base quando falta o chão!

Benditos sejam todos os amigos de raízes, verdadeiros.

Porque amigos são herdeiros da real sagacidade.

Ter amigos é a melhor cumplicidade!

Há pessoas que choram por saber que as rosas têm espinho,

Há outras que sorriem por saber que os espinhos têm rosas!

**Machado de Assis**



## SUMÁRIO

RESUMO.....	15
ABSTRACT .....	17
LISTA DE TABELAS .....	19
LISTA DE FIGURAS .....	25
LISTA DE ABREVIATURAS.....	27
1 INTRODUÇÃO .....	31
Referências .....	33
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1 A cana-de-açúcar como recurso forrageiro .....	35
2.2 A cana-de-açúcar ensilada.....	42
2.3 Aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar e seus efeitos na composição química e perdas fermentativas .....	50
2.3.1 Aditivos químicos .....	51
2.3.2 Aditivos microbianos.....	57
2.4 Estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar .....	62
2.5 Desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar na forma fresca ou ensilada .....	65
Referências .....	69
3 DESEMPENHO DE TOURINHOS NELORE EM CONFINAMENTO RECEBENDO RAÇÕES CONTENDO CANA-DE-AÇÚCAR ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) FRESCA OU ENSILADA.....	83
Resumo .....	83
Abstract .....	85
3.1 Introdução .....	86

3.2 Material e Métodos .....	89
3.2.1 Locais do experimento.....	89
3.2.2 Desenho experimental e tratamentos .....	89
3.2.3 Confecção das silagens e manejo de cortes da cana-de-açúcar fresca .....	90
3.2.4 Abertura dos silos e manejo de retirada .....	91
3.2.5 Instalações, períodos de avaliação, animais utilizados e rações experimentais...	92
3.2.6 Arraçoamento .....	94
3.2.7 Rotina de amostragem.....	95
3.2.8 Análises químico-bromatológicas .....	96
3.2.9 Cálculo do tamanho médio de partículas.....	100
3.2.10 Desempenho de animais .....	101
3.2.11 Ensaio de estabilidade aeróbia das fontes de volumosos e das rações .....	101
3.2.12 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e valor energético dos volumosos .....	103
3.2.13 Rendimento de carcaça e qualidade da carne.....	105
3.2.14 Comportamento animal.....	107
3.2.15 Análises estatísticas utilizadas .....	108
3.3 Resultados.....	111
3.3.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas dos volumosos e manejo de retirada das silagens .....	111
3.3.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações .....	114
3.3.3 Estabilidade aeróbia dos volumosos e rações .....	117
3.3.4 Desempenho de animais .....	122
3.3.5 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT dos volumosos .....	124
3.3.6 Comportamento de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou ensilada .....	128

3.3.7 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais.....	133
3.4 Discussão.....	134
3.4.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas dos volumosos e manejo de retirada das silagens.....	134
3.4.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações.....	143
3.4.3 Estabilidade aeróbia dos volumosos e rações .....	145
3.4.4 Desempenho de animais e predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT dos volumosos .....	151
3.4.5 Comportamento dos animais recebendo rações contendo cana-de-açúcar fresca ou ensilada .....	158
3.4.6 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais.....	161
3.5 Conclusões.....	163
Referências .....	164
4 FONTES DE CÁLCIO E ADITIVO MICROBIANO NO PADRÃO DE FERMENTAÇÃO, PERDAS DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR ( <i>Saccharum officinarum</i> L.).....	171
Resumo .....	171
Abstract .....	173
4.1 Introdução .....	174
4.2 Material e Métodos.....	176
4.2.1 Local e data do experimento .....	176
4.2.2 Desenho experimental e tratamentos.....	177
4.2.3 Composição química das forragens, confecção das silagens e dos silos experimentais .....	177
4.2.4 Abertura dos silos experimentais .....	182
4.2.5 Determinação da perda por gases .....	182



4.2.6 Determinação da perda por efluente.....	183
4.2.7 Determinação da perda total de MS .....	184
4.2.8 Coleta de amostras na abertura dos silos experimentais .....	185
4.2.9 Ensaio de estabilidade aeróbia das silagens .....	185
4.2.10 Análises químico-bromatológicas .....	186
4.2.11 Análises estatísticas utilizadas .....	190
4.3 Resultados.....	190
4.3.1 Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar .....	190
4.3.2 Avaliação de perdas durante o processo fermentativo das silagens de cana-de-açúcar.....	194
4.3.3 Avaliação das silagens de cana-de-açúcar submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia.....	197
4.4 Discussão .....	200
4.4.1 Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar .....	200
4.4.2 Perdas fermentativas das silagens de cana-de-açúcar .....	214
4.4.3 Avaliação da estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar.....	219
4.5 Conclusões .....	225
Referências.....	226
5 DESEMPENHO DE TOURINHOS EM CONFINAMENTO RECEBENDO RAÇÕES CONTENDO SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) ADITIVADAS DE <i>Lactobacillus buchneri</i> OU FONTES DE CÁLCIO .....	233
Resumo .....	233
Abstract.....	235
5.1 Introdução.....	236
5.2 Material e Métodos .....	238
5.2.1 Locais do experimento.....	238

5.2.2 Desenho experimental e tratamentos.....	239
5.2.3 Confeção das silagens .....	239
5.2.4 Abertura dos silos e manejo de retirada .....	241
5.2.5 Instalações, períodos de avaliação, animais utilizados e rações experimentais ..	241
5.2.6 Arraçoamento .....	244
5.2.7 Rotina de amostragem .....	244
5.2.8 Análises químico-bromatológicas .....	245
5.2.9 Cálculo do tamanho médio de partículas .....	249
5.2.10 Desempenho de animais.....	250
5.2.11 Avaliação da temperatura da massa e perdas de matéria seca durante a ensilagem e estabilidade aeróbia .....	250
5.2.12 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e valor energético das silagens de cana-de-açúcar .....	252
5.2.13 Rendimento de carcaça e qualidade da carne .....	254
5.2.14 Comportamento animal .....	256
5.2.15 Análises estatísticas utilizadas .....	257
5.3 Resultados .....	260
5.3.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas e manejo de retirada das silagens de cana-de-açúcar .....	260
5.3.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações.....	263
5.3.3 Avaliação da temperatura da massa de forragem durante a ensilagem e estabilidade aeróbia .....	266
5.3.4 Desempenho de animais.....	269
5.3.5 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT das silagens de cana-de-açúcar .....	272

5.3.6 Comportamento de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar ensilada .....	278
5.3.7 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais .....	280
5.4 Discussão .....	282
5.4.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas e manejo de retirada das silagens.....	282
5.4.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações .....	292
5.4.3 Avaliação da temperatura da massa e perdas de matéria seca durante a ensilagem e estabilidade aeróbia .....	294
5.4.4 Desempenho de animais e predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT das silagens de cana-de-açúcar .....	299
5.4.5 Comportamento dos animais recebendo rações contendo silagens de cana-de-açúcar .....	304
5.4.6 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais .....	306
5.5 Conclusões .....	308
Referências.....	308

## RESUMO

### **Desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) fresca ou ensilada e o padrão de fermentação e a estabilidade aeróbia das silagens aditivadas**

O presente estudo teve como objetivos avaliar o uso de aditivos químicos e microbiano na ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), com vistas à composição químico-bromatológica, perdas fermentativas e estabilidade aeróbia das silagens, bem como os efeitos sobre o desempenho de bovinos de corte. No primeiro experimento a cana-de-açúcar ensilada foi comparada com a cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de bovinos, além dessas fontes de volumosos serem avaliadas quanto à composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbia. Foram utilizados 63 tourinhos Nelore, alimentados com ração contendo 40% de volumoso, em delineamento em blocos completos, com três tratamentos e seis repetições. Os tratamentos testados foram: cana-de-açúcar *in natura* (FR), silagem controle (CT) e silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri* (LB). Os animais que receberam rações contendo silagem de cana-de-açúcar apresentaram desempenhos similares aos que receberam rações com cana-de-açúcar *in natura*. Mesmo apresentando melhora na estabilidade aeróbia, tanto comparativamente à silagem controle, quanto em relação à cana-de-açúcar fresca, a inoculação com *L. buchneri* não apresentou efeito em melhorar o desempenho dos animais recebendo silagem de cana-de-açúcar. O NRC (1996) subestimou os ganhos e o valor nutritivo dos volumosos, além de superestimar a IMS. Num segundo experimento foram testados aditivos químicos, microbiano e suas associações na ensilagem da cana-de-açúcar com uso de silos experimentais. O delineamento adotado neste caso constituiu-se como inteiramente casualizado, sendo oito tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos testados foram: controle (CT), *L. buchneri* na dose de  $5 \times 10^4$  ufc/g MV (LB), 1% da MV da cana-de-açúcar de CaO sem diluição em água (CLs), 1% da MV da cana-de-açúcar de CaO diluído em água (CLa), 1% da MV da cana-de-açúcar de  $\text{CaCO}_3$  sem diluição em água (CCs), 1% da MV da cana-de-açúcar de  $\text{CaCO}_3$  diluído em água (CCa), associação dos tratamentos LB e CLs (CLsLB) e dos tratamentos LB e CLa (CLaLB). A cal virgem (CaO) apresentou-se como opção de aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar, melhorando a composição químico-bromatológica, o valor nutritivo e a estabilidade aeróbia das silagens, entretanto, este aditivo elevou as perdas decorrentes do processo fermentativo. Em um terceiro ensaio avaliou-se quatro dos tratamentos do ensaio anterior para a alimentação de ruminantes e as fontes de volumosos também foram avaliadas quanto à composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbia. Foram utilizados 59 tourinhos *three-cross*, alimentados com ração contendo 40% de volumoso, num delineamento em blocos completos, com três tratamentos e seis repetições. Os tratamentos avaliados foram: silagem controle (CT) e silagem inoculada com *Lactobacillus buchneri* (LB) e as silagens com os aditivos químicos CaO (CL) e  $\text{CaCO}_3$  (CC), ambos aplicados a seco na dose de 1% da MV. Os aditivos químicos incorporados à cana-de-açúcar na ensilagem levaram ao menor desempenho dos animais se comparados ao tratamento controle e

LB, contudo, o tratamento químico contendo cal virgem apresentou os melhores resultados em termos de composição química e estabilidade aeróbia das silagens neste experimento. Da mesma forma, como observado no primeiro experimento, o NRC (1996) subestimou os ganhos e o valor nutritivo dos volumosos, além de superestimar a ingestão de MS pelos animais.

Palavras-chave: Aditivos; CaO; Cana-de-açúcar *in natura*; Digestibilidade; Ganho de peso médio; *Lactobacillus buchneri*; Valor nutritivo

## ABSTRACT

### **Performance of beef cattle fed with rations containing sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) either green chopped or ensiled and the fermentation profile and aerobic stability of silages with additives**

The objectives of these studies were to evaluate chemical and microbial additives in sugar cane silages and their effects on chemical composition, fermentative losses and aerobic stability, as well as the effects on the animal performance. In the first trial sugar cane silages were compared to green-chopped sugar cane as part of total mixed rations used to feed ruminants. The forage sources also were tested for chemical composition and aerobic stability. Sixty-three Nellore beef bulls fed with 40% of forage in TMR, in a completely randomized block design, with three treatments and six replications each. The treatments used were: green chopped sugar cane (FR), sugar cane silage without additive (CT) and sugar cane silage with *Lactobacillus buchneri* (LB). The silage groups (CT and LB) revealed similar performance as green chopped sugar cane group. Eventough, they have showed better results in the aerobic stability test, the LB group did not show better results than the control group. NRC (1996) underestimated daily gains and overestimated DM intake in all treatments. In the second experiment chemical, microbial additives as well as their association were tested in lab-scale sugar cane silages. It was analyzed as a completely randomized design, with eight treatments and four replications each. The treatments were: no additive (CT), *L. buchneri* applied at  $5 \times 10^4$  cfu/g of forage (LB), 1% of CaO in powder form (CLs), 1% of CaO diluted in water (CLa), 1% of CaCO<sub>3</sub> in powder form (CCs), 1% of CaCO<sub>3</sub> diluted in water (CCa), association of LB and CLs (CLsLB) and association of LB and CLa (CLaLB). The calcium oxide treatment turned out to be a good option in sugar cane silages by enhancing the chemical composition, the nutritive value and the aerobic stability. In the third experiment, four of those eight treatments previously tested were evaluated in animal performance level. The forage sources have been also tested for chemical composition and aerobic stability. For this trial 59 three-cross breed beef bulls were fed TMR with 40% of forage, in a completely randomized block design, with four treatments and five replications each. The treatments were: sugar cane silage without additive (CT) and sugar cane silage with *Lactobacillus buchneri* (LB) and chemical treatments, 1% of calcium oxide (CL) and 1% of calcium carbonate (CC), both applied in a powder form. The chemical additives led to lower ADG than CT and LB animals. However, the CL treatment showed the best results in terms of chemical composition and aerobic stability among all four treatments. As observed previously NRC (1996) underestimated daily gains and overestimated DM intake.

Key words: Additives; Average daily gain; CaO; Digestibility; Green chopped sugar cane; *Lactobacillus buchneri*; Nutritive value



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Composição químico-bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar em três idades, no primeiro corte .....	39
Tabela 2.2 – Composição média e amplitude de variação de amostras de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ, entre os anos de 2000 e 2006.....	40
Tabela 2.3 – Composição média e amplitude de variação de amostras de silagens de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ, entre os anos de 2000 e 2006 .....	48
Tabela 3.1 – Distribuição dos animais em função do peso médio no início do período experimental.....	93
Tabela 3.2 – Análise químico-bromatológica dos ingredientes concentrados utilizados nas rações dos tourinhos da raça Nelore.....	98
Tabela 3.3 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de composição química dos volumosos e manejo de retirada das silagens .....	108
Tabela 3.4 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de desempenho dos animais recebendo cana-de-açúcar ensilada ou fresca como volumosos da ração.....	109
Tabela 3.5 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de parâmetros de comportamento dos animais recebendo cana-de-açúcar ensilada ou fresca como volumosos da ração .....	110
Tabela 3.6 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação das parâmetros de abate e de carcaça dos animais recebendo cana-de-açúcar ensilada ou fresca como volumosos da ração .....	111
Tabela 3.7 – Composição químico-bromatológica dos volumosos utilizados no estudo de desempenho de bovinos .....	112



Tabela 3.8 – Tamanho médio de partículas (TMP) dos volumosos e manejo de retirada (% de silagem satisfatória para o fornecimento) de silagens de cana-de-açúcar.....	114
Tabela 3.9 – Composição químico-bromatológica média das rações utilizadas para a alimentação de bovinos de corte .....	115
Tabela 3.10 – Composição químico-bromatológica média das sobras de rações da alimentação de bovinos de corte .....	116
Tabela 3.11 – Temperatura dos volumosos exclusivos e das rações experimentais submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia.....	117
Tabela 3.12 – Valor de pH dos volumosos exclusivos e das rações experimentais submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia.....	119
Tabela 3.13 – Somatório da diferença da temperatura dos volumosos exclusivos e das rações experimentais e do ambiente aos 5 (ADITE-5) e 10 dias (ADITE-10) em ensaio de estabilidade aeróbia .....	120
Tabela 3.14 – Perda de matéria seca dos volumosos exclusivos e das rações experimentais submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia durante 5 (PMS0-5) e 10 dias (PMS0-10).....	121
Tabela 3.15 – Efeito do período experimental sobre o ganho de peso médio diário (GPD) e a eficiência alimentar (EA) de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou ensilada .....	122
Tabela 3.16 – Efeito do tratamento aplicado à forragem sobre as variáveis de desempenho animal de tourinhos Nelore recebendo como volumosos da ração cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou ensilada.....	123
Tabela 3.17 – Desdobramento de interações para a ingestão de matéria seca da ração pelo animais .....	124
Tabela 3.18 – Desempenho animal e valores energéticos estimados em silagens de cana-de-açúcar e da cana-de-açúcar <i>in natura</i> , por meio de simulação realizada pelo programa NRC (1996).....	125

Tabela 3.19 – Valores de energia líquida (EL) observadas e estimadas das rações contendo cana-de-açúcar ensilada ou <i>in natura</i> .....	128
Tabela 3.20 – Ingestão de matéria seca (IMS) e de FDN (IFDN) de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou ensilada .....	129
Tabela 3.21 – Comportamento de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou ensilada .....	130
Tabela 3.22 – Tempos relativos de ingestão, de ruminação e de mastigação de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar <i>in natura</i> ou ensilada.....	132
Tabelas 3.23 – Parâmetros de abate, da carcaça e da qualidade da carne de bovinos que receberam silagens de cana-de-açúcar ou cana-de-açúcar <i>in natura</i> como volumosos da ração .....	133
Tabela 4.1 – Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) da cana-de-açúcar tratada no momento da ensilagem .....	179
Tabela 4.2 – Teores fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e coeficiente de digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da MS (DVIVMS) da cana-de-açúcar tratada no momento da ensilagem.....	180
Tabela 4.3 – Valores de pH, capacidade tamponante (CaT) e teor de carboidratos solúveis em água (CHO's) da cana-de-açúcar tratada no momento da ensilagem.....	181
Tabela 4.4 – Composição química dos aditivos químicos utilizados .....	181
Tabela 4.5 – Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano .....	191

Tabela 4.6 – Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), de hemicelulose (HEM) e coeficiente de digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da matéria seca (DVIVMS) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano.....	192
Tabela 4.7 – Teores de carboidratos solúveis em água (CHO's), ácido láctico, etanol (EtOH) e pH de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano .....	193
Tabela 4.8 – Teores de ácido graxos de cadeia curta e relação entre os teores de ácido láctico e acético (Lac/Ace) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano .....	194
Tabela 4.9 – Perda total de matéria seca (MS), perda por gases (G) e efluente (E) em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano.....	195
Tabela 4.10 – Recuperações de matéria seca (RMS) e matéria seca digestível (RMSDig) em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano.....	196
Tabela 4.11 – Parâmetros relacionados à temperatura e ao pH de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano e submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia.....	198
Tabela 4.12 – Somatório das diferenças de temperatura entre massa de forragem e a temperatura do ambiente (ADITE-5 e ADITE-10) e as perdas de matéria seca (PMS0-5 e PMS0-10) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano e submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia.....	199
Tabela 5.1 – Distribuição dos animais em função do peso médio no início do período experimental .....	243
Tabela 5.2 – Análise químico-bromatológica dos ingredientes concentrados utilizados em rações dos tourinhos <i>three-cross</i> .....	247

Tabela 5.3 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de composição química e manejo de retirada das silagens de cana-de-açúcar .....	257
Tabela 5.4 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de desempenho dos animais recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos da ração.....	259
Tabela 5.5 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação dos parâmetros de abate e de carcaça dos animais recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos da ração.....	259
Tabela 5.6 – Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar utilizadas no estudo de desempenho de bovinos.....	261
Tabela 5.7 – Tamanho médio de partículas (TMP) dos volumosos e manejo de retirada (% de silagem satisfatória para o fornecimento) de silagens de cana-de-açúcar .....	263
Tabela 5.8 – Composição químico-bromatológica média das rações contendo silagens de cana-de-açúcar e utilizadas para a alimentação de bovinos de corte	264
Tabela 5.9 – Composição químico-bromatológica média das sobras de rações contendo silagens de cana-de-açúcar e utilizadas para a alimentação de bovinos de corte .....	265
Tabela 5.10 – Perdas totais de matéria seca (PMSF), temperatura máxima (TmaxF) e tempo para que a máxima temperatura fosse atingida (HTmaxF) durante a fermentação de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano .....	266
Tabela 5.11 – Parâmetros de estabilidade aeróbia avaliados em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano .....	268
Tabela 5.12 – Efeito do período experimental sobre o ganho de peso médio diário (GPD), ingestão de MS (IMS) e a eficiência alimentar (EA) de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar ensilada.....	269

Tabela 5.13 – Efeito do tratamento aplicado à forragem sobre as variáveis de desempenho animal de tourinhos <i>three-cross</i> recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos da ração .....	270
Tabela 5.14 – Desdobramento de interações para a ingestão de matéria seca da ração pelo animais .....	271
Tabela 5.15 – Desempenho animal de bovinos de corte e valores energéticos estimados em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano, por meio de simulação realizada pelo programa NRC (1996) .....	273
Tabela 5.16 – Valores de energia líquida (EL) observadas e estimadas das rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano.....	277
Tabela 5.17 – Ingestão de matéria seca (IMS) e de FDN (IFDN) de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano.....	278
Tabela 5.18 – Comportamento de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano .....	279
Tabela 5.19 – Tempos relativos de ingestão, de ruminação e de mastigação de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano.....	280
Tabela 5.20 – Parâmetros de abate, de carcaça e da qualidade da carne de bovinos que receberam silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano como volumosos da ração.....	281

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1 – Sistema *Penn State Particle Size Separator*, com a adaptação da peneira superior (a) contendo perfurações de 38 mm e o sistema utilizado convencionalmente com as demais peneiras (b, c, d)..... 100
- Figura 3.2 – Valores de GPD (kg) estimados pelo NRC (1996) e observados em tourinhos Nelore, alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada..... 126
- Figura 3.3 – Valores de IMS (kg/dia) estimados pelo NRC (1996) e observados em tourinhos Nelore, alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada..... 127
- Figura 4.1 – Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca, recuperação de matéria seca total e digestível em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano..... 197
- Figura 5.1 – Valores de GPD (kg) estimados pelo NRC (1996) e observados em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano .....274
- Figura 5.2 – Valores de IMS (kg/dia) estimados pelo NRC (1996) e observados em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano .....276



## LISTA DE ABREVIATURAS

- ADITE-5** – Acúmulo térmico em 5 dias
- ADITE-10** – Acúmulo térmico em 10 dias
- AGV** – Ácidos graxos voláteis
- AOL** – Área de olho de lombo
- BAL** – Bactéria ácido láctica
- C2** – Ácido acético
- C3** – Ácido propiônico
- C4** – Ácido butírico
- CaT** – Capacidade tamponante
- CEL** – Teor de celulose
- CF** – Capacidade de fermentação
- CHO's** – Carboidratos solúveis em água
- DIVFDA** – Digestibilidade *in vitro* do FDA
- DIVMS** – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
- DVIVMS** – Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca
- DpHmax** – Número de dias para atingir o pico de pH
- E** – Perda fermentativa por efluente
- EA** – Eficiência alimentar
- E<sub>g</sub>** – Exigência energética de ganho
- EGS** – Espessura de gordura subcutânea
- EL<sub>g</sub>** – Energia líquida de ganho
- EL<sub>m</sub>** – Energia líquida de manutenção
- E<sub>m</sub>** – Exigência energética de manutenção
- EPM** – Erro padrão da média
- EtOH** – Teor de etanol
- FA** – Farelo de algodão
- FB** – Teor de fibra bruta
- FDA** – Teor de fibra insolúvel em detergente ácido
- FDN** – Teor de fibra insolúvel em detergente neutro



**G** – Perda fermentativa por gases  
**GGT** – Enzima gama glutamil transferase  
**GPD** – Ganho de peso médio diário  
**H2°C** – Número de horas para a quebra na estabilidade  
**HTmax** – Número de horas para atingir o pico de temperatura  
**HTmaxF** – Número de horas para atingir o pico de temperatura durante a fermentação  
**HEM** – Teor de hemicelulose  
**IFDN** – Ingestão de FDN  
**IMS** – Ingestão de matéria seca  
**Lac/Ace** – Relação entre ácido láctico e ácido acético  
**LB** – *Lactobacillus buchneri*  
**LIG** – Teor de lignina  
**MGM** – Milho grão moído  
**MM** – Teor de matéria mineral  
**MO** – Teor de matéria orgânica  
**MS** – Teor de matéria seca  
**MV** – Massa verde  
**N** – Nitrogênio  
**NDT** – Teor de nutrientes digestíveis totais  
**N-NH<sub>3</sub>** – Nitrogênio amoniacal  
**PB** – Teor de proteína bruta  
**PAC** – Perda de água ao cozimento  
**PAE** – Perda de água por exsudação  
**Pbf** – Peso da amostra de bife  
**Pbf<sub>f</sub>** – Peso final da amostra de bife  
**Pbf<sub>i</sub>** – Peso inicial da amostra de bife  
**PCP** – Polpa cítrica peletizada  
**PCQ** – Peso da carcaça quente  
**Pex** – Peso do exsudato da amostra de bife  
**pHmax** – Máximo pH alcançado  
**PMS** – Perda total de matéria seca

**PMSF** – Perdas totais de matéria seca durante a fermentação

**PMS0-5** – Perda de matéria seca durante os cinco primeiros dias

**PMS0-10** – Perda de matéria seca durante os dez primeiros dias

**PV** – Peso vivo

**PV<sup>0,75</sup>** – Peso vivo metabólico

**pH1h** – Valor de pH mensurado 1 hora após o abate

**pH24h** – Valor de pH mensurado 24 horas após o abate

**RC** – Rendimento de carcaça

**RMS** – Recuperação de matéria seca na ensilagem

**RMSDig** – Recuperação de matéria seca digestível na ensilagem

**T1h** – Temperatura mensurada 1 hora após o abate

**T24h** – Temperatura mensurada 24 horas após o abate

**Tmax** – Pico de temperatura

**TmaxF** – Pico de temperatura durante a fermentação

**TMP** – Tamanho médio de partículas

**UFC** – Unidades formadoras de colônia



## 1 INTRODUÇÃO

A produção animal de bovinos à pasto consistiu-se em um sistema de exploração de custo reduzido. Todavia, a estacionalidade de produção de pastagens também é marcante e, em muitos casos, revela-se como o ponto crítico da produção e exploração animal constante ao longo do ano. Com isso, há a necessidade do uso de estratégias de suplementação de fontes de forragem no período de escassez. Dentre as fontes de forragens suplementares disponíveis destaca-se a cana-de-açúcar como uma dessas possibilidades.

Por longo tempo a cana-de-açúcar vem sendo utilizada como recurso forrageiro pelos pecuaristas. Existem relatos de 1913 que mencionavam o uso da cana-de-açúcar como fonte de volumoso suplementar para os animais. Levantamentos da década de 50 reconheceram a utilização dessa cultura por 75% dos produtores de leite (DA SILVA, 1993). O uso dessa fonte de suplementação de forragem se dava, normalmente, na forma *in natura* e picada diariamente como capineira, na forma de seus resíduos, como a ponta, bagaço cru ou submetido ao tratamento físico de pressão e vapor. Mais recentemente, esse volumoso vem assumindo papel fundamental nos confinamentos para terminação de bovinos de corte e rebanhos leiteiros. Hoje em dia, foi despertado seu uso na forma de silagem com o desenvolvimento de técnicas e aditivos que asseguram a baixa produção de álcool durante o processo de conservação.

O Brasil é hoje o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) do mundo. De acordo com os dados da FAO (2007), a produção anual, de mais de 400 milhões de toneladas, é quase o dobro da produção da Índia, o segundo país de maior produção. Segundo levantamentos nacionais, a área colhida em 2006 chegou a 6,1 milhões de hectares, sendo o Estado de São Paulo o responsável por mais de 53% do total colhido dessa cultura no país, mais de 58% da produção nacional e o estado nacional de maior produtividade por área, com cerca de 80 toneladas de massa por hectare (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2007).

Do total de cana-de-açúcar produzido no Brasil, segundo Landell et al. (2002), estima-se que dez por cento seja destinado à produção animal. Dessa forma, no Brasil, aproximadamente 40 milhões de toneladas de massa verde seriam destinados a

alimentação animal. Isso poderia alimentar, de acordo com os autores, 20 milhões de bovinos durante 150 dias.

A utilização da cana-de-açúcar como volumoso suplementar para a seca baseia-se na facilidade e tradição de cultivo e, sobretudo, por constituir-se em opção competitiva quando comparada a outras fontes de forragens suplementares. Em simulações econômicas de sistemas de produção animal, a cana-de-açúcar tem apresentado resultados que asseguram sua posição consolidada, prevalecendo como uma das opções mais interessantes para minimizar o custo de rações e do produto animal, além de maximizar a projeção de receita líquida da atividade.

Além disso, trata-se de uma cultura que recebeu grande incentivo nas décadas de 70 e 80 por meio do programa Proálcool, resultando no avanço das técnicas de cultivo e no lançamento de variedades com maior potencial de produção de biomassa e açúcares. Conseqüentemente, houve também a expansão dessa cultura para regiões tradicionais de pecuária e de produção de grãos, criando a oportunidade do seu uso em confinamentos de bovinos de corte.

Ainda, outros aspectos justificam a utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes:

1. Simplicidade operacional para a manutenção e condução da cultura;
2. Maior produção e valor nutritivo coincidente com o período de escassez de forragens;
3. Manutenção do valor nutritivo por período maior após a maturação;
4. Grande produção de forragem por unidade de área (80 a 120 t/ha), levando ao baixo custo por tonelada de matéria seca (MS);
5. Baixo risco, pois dificilmente ocorrem perdas totais, exceção feita à ocorrência de fogo;
6. Grande desenvolvimento das técnicas de cultivo e melhoramento genético devido à produção de açúcar e álcool.

A alimentação de bovinos apresenta-se também como destino alternativo para a cana-de-açúcar quando ocorrem reduções nos preços do açúcar e do álcool, exigindo que os produtores diminuam a oferta de cana-de-açúcar para as usinas e que glebas sejam liberadas para o estabelecimento de outro tipo de cultura.

O presente estudo tem os seguintes objetivos: avaliar como o uso de aditivos afeta as perdas de matéria seca, o processo fermentativo, a composição química e a estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar, bem como os efeitos da aditivção sobre a ingestão, digestibilidade de nutrientes e desempenho de bovinos recebendo rações contendo esse volumoso. Em parte dos experimentos compreendidos nesta tese, foi avaliada a cana-de-açúcar fornecida no manejo convencional com corte diário, picada fresca, para a comparação com aquelas oriundas do processo de conservação.

## Referências

DA SILVA, S.C. A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de (Ed.). **Volumosos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 59-74.

FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 3 out. 2007.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Cana-de-açúcar. In: FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agriannual 2007**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2002. p. 261.

LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A. de A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P. **A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: manejo de produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002. 36 p. (Boletim Técnico, 193)



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cana-de-açúcar como recurso forrageiro

Mesmo antigamente era conhecido o potencial da cana-de-açúcar em produção de matéria seca (MS) e de energia por área cultivada. De acordo com trabalhos clássicos (PRESTON; WILLIS, 1974; JAMES, 1975) relatados há algumas décadas, ficava evidente o potencial da cana-de-açúcar em produção de energia, sob a forma de nutrientes digestíveis totais (NDT), por área. Segundo os autores, facilmente se conseguia obter 15 a 20 toneladas de NDT por hectare com cana-de-açúcar, enquanto que com a utilização de outras culturas (milho e sorgo, p.ex.), raramente se atingia 10 toneladas de NDT por hectare. Afirmação corroborada por Queiroz (2006) que preconizou haver vantagens do uso da cana-de-açúcar se comparada às culturas tradicionais de produção de volumosos conservados.

Nussio e Schmidt (2004) destacaram que as vantagens do uso da cana-de-açúcar como suplemento volumoso para bovinos são amplamente difundidas e tradicionais. Entretanto, sugeriram que existem evidências contundentes de erros de manejo que se traduzem em baixa ingestão de matéria seca (IMS) dos animais, decorrente de limitações nutricionais (proteína, lipídio e minerais) e físicas (tamanho de partículas), ainda que a digestibilidade seja considerada de valor intermediário (BOIN; TEDESCHI, 1993). Nesse sentido, muitos produtores submetem seus animais à subnutrição com o fornecimento de cana-de-açúcar picada como suplemento sem a adoção de práticas simples como a correção com uréia e sulfato de amônio.

Essa deficiência nutricional era de conhecimento desde o início do século XX. Segundo Mattos (2003), o Professor Nicolau Athanassof da ESALQ publicou um boletim no qual havia a informação de que a cana-de-açúcar era um alimento pobre em matéria azotada, devendo seu fornecimento estar associado a alimentos concentrados ou feno de boa qualidade. Segundo levantamento histórico realizado pelo autor, nas décadas de 60 e 70 foram realizados estudos que caracterizaram o baixo valor nutritivo da cana-de-açúcar, mediante ensaios de digestibilidade. Isso desencadeou um movimento



organizado contra o uso dessa cultura para a alimentação animal, especialmente no Estado de São Paulo.

Os açúcares solúveis e a fração fibrosa são os principais componentes da cana-de-açúcar. Esses nutrientes apresentam taxas de degradação ruminal e coeficiente de digestibilidade bastante diferentes. De maneira oposta ao que ocorre com as demais gramíneas forrageiras, a cana-de-açúcar apresenta incremento na digestibilidade da matéria seca conforme ocorre avanço na maturidade. Isso se deve à elevação do teor de carboidratos (açúcares) solúveis em água (CHO's) e redução relativa no teor de parede celular (NUSSIO; SCHMIDT, 2005).

Segundo os autores acima citados, o principal açúcar solúvel encontrado na cana-de-açúcar é a sacarose que apresenta elevada solubilidade e degradabilidade ruminal. Para que essa energia seja aproveitada há necessidade de fonte protéica de alta solubilidade. Normalmente, para que essa ação seja efetiva, a adição da fonte protéica mais comumente utilizada é a mistura de uréia e sulfato de amônio. Dessa forma, há possibilidade de se alcançar desempenho satisfatório dos animais. De acordo com a revisão de Da Silva e Sbrissia (2000), a cana-de-açúcar corrigida com uréia e minerais foi responsável por atender as exigências de manutenção e determinar desempenho animal reduzido.

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, fora do período da safra, sofre restrições, pois a forragem apresenta menor valor nutritivo, com a queda no teor de sacarose (MATSUOCA; HOFFMANN, 1993).

Quanto à fração fibrosa, a cana-de-açúcar possui baixa digestibilidade e exerce função importante na limitação na ingestão de matéria seca (IMS) pelos animais, uma vez que a fração de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) está relacionada à ingestão. De acordo com Landell et al. (2002), quanto maior o teor de FDN da cana-de-açúcar e menor a digestibilidade dessa fração fibrosa, menor será a ingestão voluntária desse volumoso.

Para a escolha de variedades de cana-de-açúcar os critérios adotados, segundo Rodrigues et al. (2001), devem ser: a relação entre fração fibrosa e açúcares solúveis totais (FDN/POL), o teor de FDN na planta e a porcentagem de colmos. Contudo, variáveis adicionais poderiam ser incluídas nos programas de melhoramento e seleção

de variedades forrageiras, tais como: digestibilidade do FDN, digestibilidade da fração de folhas verdes e características agrônômicas associadas à colheita mecanizada, como o porte ereto, a espessura de colmos, o espaçamento entre linhas, o vigor de rebrotação e a hierarquia de perfilhos, entre outras.

Os autores citados acima testaram a composição químico-bromatológica de 18 variedades de cana-de-açúcar. Eles encontraram valores extremos de FDN, digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e FDN/POL para duas variedades, IAC 84-1042 e IAC 86-2480. Para a primeira variedade os valores encontrados foram: 56,42% da MS, 47,75% e 4,14, respectivamente, enquanto que para a última variedade foi encontrado 44,18% de FDN na MS, 65,90% de DIVMS e relação FDN/POL de 2,88.

Em estudo testando variedades de cana-de-açúcar cortada aos seis, oito, dez ou 12 meses de idade, Salas et al. (1992) determinaram teores de FDN máximos (64,9%) aos 12 meses de idade; 56,7% de FDN aos 6 meses de maturação, não sendo diferente do primeiro corte nas idades de 8 ou 10 meses. Apesar de ter variado entre 32,8 e 31,2%, o teor fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) não diferiu nas idades de corte. A DIVMS foi máxima aos 12 meses de idade, com coeficientes médios de 58,5%.

Ao estudarem a composição bromatológica de 39 variedades de cana-de-açúcar Lovadini; Moraes e Paranhos (1967) verificaram pequena variação entre elas, apresentando teores médios de proteína bruta (PB) de 2,3%, minerais de 2,1% e 28,2% de fibra bruta (FB). O coeficiente de digestibilidade *in situ* em bovinos observado pelos autores foi de 62,8%.

Segundo Lucci et al. (2003) a digestibilidade da matéria seca dessas forragens está na dependência do teor de sacarose, conforme também constatado por Banda e Valdez (1976) em ensaio de digestibilidade *in vitro* da gramínea com a idade de oito a 16 meses. Os autores encontraram teores de carboidratos solúveis em água (CHO's) e digestibilidade de 14,5 e 57,5%, respectivamente, para a forragem colhida com oito meses de maturidade e 16,3 e 70,5%, respectivamente, para aquela colhida aos 16 meses.

Kung Junior e Stanley (1982) ao estudarem o efeito do estágio de maturação sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar, observaram para a forragem colhida aos seis e 24 meses, redução de 68,30% para 52,60% para o FDN; de 41,50% para 34,20%

para o FDA; de 26,90% para 18,40% para a hemicelulose (HEM); de 30,90% para 24,50% para a celulose (CEL), enquanto que para a variável lignina (LIG) foram observados aumentos de 6,3% para 7,3%, respectivamente.

Ao avaliarem 16 variedades de cana-de-açúcar, Oliveira et al. (1996) verificaram que o teor de FDN variou de 45,10 a 58,00% e o de FDA entre 25,90 e 37,50%, de acordo com os autores essa variação se deveu, sobretudo, ao efeito de maturação. Carvalho (1992) também verificou, em cinco variedades, que teores máximos de FDN ocorreram aos 240 dias de crescimento, decrescendo à medida que a idade avançava.

Azevêdo et al. (2003) determinaram a composição químico-bromatológica e o fracionamento dos carboidratos de três variedades de cana-de-açúcar: SP 80-1842, RB 845257 e SP 79-1011. Os autores encontraram teores de FDN de 43,8; 47,6 e 47,6%, respectivamente. Teores de FDA de 25,2% para a SP 80-1842; 27,8% para a RB 845257 e 27,2% para a variedade SP 79-1011, enquanto os valores Brix foram de, respectivamente, 18,1; 18,2 e 23,2°, para as variedades relacionadas. O cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) deu-se pelo uso da fórmula descrita por Weiss (1993) e os valores foram 55,8% na variedade SP 80-1842; 52,5% para a variedade RB 845257 e na variedade SP 79-1011 o NDT foi de 51,5%.

Muraro; Rossi Júnior e Schogor (2007) avaliaram a cana-de-açúcar da variedade RB 72-454 em três idades de corte, sob efeito de dois espaçamentos, todavia, esse efeito não afetou nenhum dos nutrientes avaliados, sendo todas as alterações oriundas da variação da idade do corte. Os valores encontrados de Brix para essas forragens foram de 6,59° para a cana-de-açúcar cortada aos 180 dias de idade, 10,54° para a de 240 e 17,16° para aquela colhida aos 420 dias de crescimento. Os teores de FDN foram de 75,61% para a cana-de-açúcar colhida aos 180 dias, 68,14% para aquela colhida aos 240 dias e 60,38% para a cana-de-açúcar com idade de 420 dias. Os teores de FDA foram de 43,59, 42,57 e 36,23% para a forragem colhida aos 180, 240 e 420 dias, respectivamente.

Em experimento visando a comparação de 60 genótipos de cana-de-açúcar, Andrade et al. (2004) encontraram grande variação dentre todos os nutrientes. O teor médio de PB foi de 2,46%, variando entre 1,91 e 3,20%; o teor médio de FDN foi de 49,14%, variando de 35,79 a 65,73%; o teor médio de FDA encontrado foi de 29,24%,

com variação de 21,14 a 36,89% e o teor de carboidratos totais não-estruturais variou de 25,56 a 65,12%, com teor médio de 41,65%.

A composição químico-bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar, colhidas em três idades está apresentada na Tabela 2.1. Os teores de MS e de FDN foram menores para a variedade IAC 86-2480, enquanto o teor de CHO's e o coeficiente de DVIVMS foram maiores para a mesma variedade, indicando dessa maneira, valor nutritivo superior desse genótipo, comparativamente à variedade IAC 87-3184 (SCHMIDT, 2006). A colheita em idade fisiológica mais avançada, para ambas variedades, acarretou em aumento no teor de CHO's e no coeficiente de DVIVMS, provavelmente, em função do acúmulo de açúcares na planta, corroborando as afirmações de Fernandes et al. (2003).

Tabela 2.1 – Composição químico-bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar em três idades, no primeiro corte

Variável	Idades na colheita					
	12 meses		15 meses		18 meses	
	IAC 86-2480	IAC 87-3184	IAC 86-2480	IAC 87-3184	IAC 86-2480	IAC 87-3184
MS, %	30,2	34,5	24,0	28,3	28,0	32,5
FDN, % MS	46,7	56,0	44,5	54,0	44,9	52,8
CHO's, % MS	19,0	16,0	19,9	18,7	20,8	17,7
DVIVMS, %	65,8	60,5	67,3	62,6	70,7	62,9

Fonte: Schmidt, 2006.

As diferenças em composição da forragem são resultantes da diversidade de variedades, longevidade do talhão, maturidade fisiológica, variações ambientais e dos tratamentos a que essa forragem foi submetida (NUSSIO et al., 2006).

No levantamento da composição química de amostras de cana-de-açúcar, Nussio et al. (2006) demonstram a grande amplitude de valores encontrados nas análises do Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, entre os anos de 2000 e 2006. Embora esse material seja, genericamente, descrito como cana-de-açúcar, é possível observar, na Tabela 2.2, grande diferença na composição das fontes dessa forragem.

Tabela 2.2 – Composição média e amplitude de variação de amostras de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ, entre os anos de 2000 e 2006

Variável	n	Média	Valor mínimo	Valor máximo
MS, %	21	27,7	20,4	33,9
PB, % MS	33	2,73	1,2	4,4
FB, % MS	26	25,4	19,9 <sup>1</sup>	36,4
Extrato etéreo, % MS	26	0,7	0,3	1,3
Matéria mineral, % MS	33	3,1	0,8 <sup>1</sup>	6,4
Extrato não-nitrogenado, % MS	26	68,0	53,3	75,5
NDT estimado, %	26	64,5	53,9	69,5
FDA, % MS	23	30,0	23,8	41,8
FDN, % MS	23	47,3	37,9 <sup>1</sup>	63,9
Celulose, % MS	23	25,3	20,0	35,6
Lignina, % MS	23	4,7	3,6 <sup>2</sup>	6,9 <sup>3</sup>
pH da forragem fresca	7	6,16	4,07	9,80

Fonte: Nussio et al., 2006.

Notas: <sup>1</sup> Variedade IAC 86-2480, tratada com 1% de CaO; <sup>2</sup> Cana-de-açúcar de variedade forrageira; <sup>3</sup> Cana-de-açúcar após florescimento.

De acordo com Nussio et al. (2006), ao se observar os valores de componentes fibrosos ou de extrativo não-nitrogenado, torna-se evidente as variações em composição que resultam em fontes de forragem verdadeiramente distintas, com potencial de produção animal também muito discrepantes.

Em vista do exposto, sobretudo no que diz respeito à composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar, fica evidente que há grande variação nessa composição de materiais que são denominados de forma genérica como cana-de-açúcar. Isso se deve, especialmente, a gama de variedades, além de, em certo aspecto, dependência do estágio de maturidade das plantas. Além disso, existem aditivos que vêm sendo testados com o intuito de melhorar o valor nutritivo e/ou facilitar o manejo de cortes. Segundo Nussio et al. (2006) certos tratamentos químicos hidrolíticos têm sido testados com o objetivo de romper a estrutura da fibra vegetal e

e elevar a taxa de digestão da mesma, além de, alternativamente, retardar o aquecimento da massa de forragem picada.

Por vários anos foi testado o hidróxido de sódio (NaOH) para o tratamento da cana-de-açúcar (EZEQUIEL et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2001), porém o grande perigo no manuseio desse aditivo, bem como seu alto custo, o limitaram, dificultando o uso preconizado no passado. Atualmente, atenção tem sido despertada ao óxido de cálcio ou cal virgem na forma micropulverizada (CaO), para o tratamento da forragem em montes. O conhecimento dessa técnica é relativamente novo e veio na contramão do procedimento convencional. Foi iniciado no campo e, somente depois, foi incorporada às linhas de pesquisa de instituições nacionais (NUSSIO et al., 2006).

De acordo com os autores, pouco se sabe sobre a dose à ser recomendada para que a cal virgem seja efetiva em promover a hidrólise preconizada, ou ainda, o tempo necessário para que essa ou determinada dose atue, sendo efetiva para o processo hidrolítico. Segundo Santos et al. (2007), a ação do óxido de cálcio ocorre promovendo alterações nas frações da parede celular, com redução ou desaparecimento das frações orgânicas solúveis. Esses autores avaliaram doses de 0; 0,5; 1,0 e 1,5% de cal na MV e verificaram que a dose de 1,5% promoveu alteração das frações FDN, FDA e hemicelulose (HEM).

Outro aditivo que tem sido testado no manejo da cana-de-açúcar picada e tratada em montes é o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>). Silva et al. (2006) trataram a cana-de-açúcar com esse aditivo e relataram queda nos teores de FDN de 59,40% inicial passando para 53,69% ao final do processo. Alterou-se também os teores de FDA (36,26 vs. 32,70%) e HEM (23,13 vs. 20,89%), além de melhorar em mais de 5% a DIVMS, passando de 53,22 para 58,47%.

Com base nos resultados do tratamento da cana-de-açúcar com agentes alcalinos (CaO, Ca(OH)<sub>2</sub> e NaOH), pôde-se perceber que, muitas vezes, a melhoria no valor nutritivo poderia ocorrer mais facilmente se outras variedades fossem buscadas, como as que garantam melhor digestibilidade da fibra, comparativamente ao tratamento “hidrolítico” em si.

## 2.2 A cana-de-açúcar ensilada

A capacidade da cana-de-açúcar em manter seu valor nutritivo durante longo período de tempo, sendo coincidente com o período de escassez de forragem, permite que, em pequenas e médias propriedades, a forragem seja colhida diariamente. Esse manejo de cortes é tradicional e de amplo conhecimento dos pecuaristas, além de exigir disciplina diária e garantir forragem de qualidade adequada aos animais. Porém, em um manejo industrial de canaviais, há exigências de cortes simultâneos de talhões para aumentar a eficiência dos tratamentos culturais.

Além disso, podem-se destacar dificuldades na realização de cortes diários quando ocorrem chuvas, além da perda de valor nutritivo durante o verão, quando os teores de açúcares são menores. Ainda, canaviais que tenham sido submetidos à queima ou sofrido geadas fortes também precisam ser utilizados rapidamente de forma a evitar o comprometimento de seu uso posterior como consequência de alteração de seu valor nutricional (PEDROSO, 2003).

De acordo com Nussio e Schmidt (2004) por conta de todas as situações destacadas, a ensilagem da cana-de-açúcar apresenta-se como proposta para minimizar tais problemas, permitindo a colheita de grandes áreas em curto espaço de tempo e na época em que a cultura forrageira apresenta seu melhor valor nutritivo. Isso coincide com o período mais propício aos trabalhos no campo, ou seja, a época seca.

Ainda, segundo esses autores e também de acordo com Pedroso (2003) a concentração de atividades no processo de ensilagem resulta em facilidade organizacional e redução na necessidade de mão-de-obra diária para o corte, embora represente importante elevação dos custos de produção de matéria seca e nutrientes quando comparada ao manejo diário de cortes. A decisão pela ensilagem implica na necessidade de consideração de custos advindos de maiores perdas e da introdução de operações mecanizadas, quase sempre indispensáveis ao processo.

Schmidt (2006), em sua revisão bibliográfica, demonstrou o interesse que a silagem de cana-de-açúcar vem despertando na comunidade científica, especialmente no Brasil. Segundo o autor, até o ano de 1998 não havia nenhuma publicação de resumos na reunião científica de maior notoriedade do país, a Reunião Anual da

Sociedade Brasileira de Zootecnia. Nos anos seguintes, o interesse foi crescente, aumentando-se, tanto o número de publicações, como o número de instituições envolvidas nessas pesquisas. O autor completa que, em sua grande maioria, os trabalhos têm se focado na busca de aditivos que inibam a fermentação alcoólica, característica desse tipo de forragem.

A cana-de-açúcar possui características intrínsecas que indicam que essa cultura seja melhor conservada na forma de silagem, como baixa capacidade tamponante (CaT), altos teores de MS e de carboidratos solúveis (CHO's). Essas características, segundo Weissbach e Honig (1996), citados por Oude Elferink et al. (2000), seriam aquelas que mostrariam a capacidade de certa cultura em ser ensilada e, para isso, levar-se-ia em conta a Equação 2.1:

$$CF = MS + 8 \times \left( \frac{CHO's}{CaT} \right) \quad (2.1)$$

Na qual:

CF = capacidade de fermentação;

MS = teor de matéria seca (%);

CHO's = teor de carboidratos solúveis em água (% MS);

CaT = capacidade tamponante (e.mg de HCl/100 g MS).

De acordo com McDonald; Henderson e Heron (1991), os microrganismos epifíticos fermentam os açúcares encontrados nas plantas (principalmente glicose e frutose) e produzem ácidos orgânicos, especialmente o ácido lático. Os principais microrganismos presentes nas plantas, segundo Pahlow et al. (2003), são bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias, leveduras e fungos. Os autores completam que a população média desses microrganismos fica entre 10 a 10<sup>6</sup> ufc/g de forragem para BAL, 10<sup>3</sup> a 10<sup>6</sup> ufc/g de forragem para enterobactérias, 10<sup>3</sup> a 10<sup>5</sup> ufc/g de forragem para leveduras e entre 10<sup>3</sup> e 10<sup>4</sup> ufc/g de forragem para fungos. Segundo Bolsen et al. (1992) a competição interespecífica por açúcares é o que ditará o perfil da fermentação ocorrida durante a ensilagem.



De acordo com Schmidt (2006), ainda que em cana-de-açúcar sejam encontradas populações altas de bactérias indesejáveis como enterobactérias e clostrídios, esses são inibidos pelo rápido abaixamento do pH, condição que, freqüentemente, ocorre na ensilagem desse tipo de cultura. Segundo verificou Pedroso (2003), logo no terceiro dia, foi alcançado o pH de 3,90, isso ocorreu em detrimento ao consumo de CHO's. Diversos autores demonstraram essa tendência de valores de pH inferiores a 4,0 em silagens tratadas com diversos aditivos (ALLI; BAKER, 1982; ALLI et al., 1983; FREITAS et al., 2006; JUNQUEIRA, 2006; KUNG JUNIOR; STANLEY, 1982; QUEIROZ, 2006; SCHMIDT, 2006), todavia, esse abaixamento de pH fica prejudicado quando são utilizados aditivos alcalinizantes. Santos (2007); Siqueira et al. (2007a) e Cavali et al. (2006) verificaram que a dose superior a 1% de cal virgem adicionada à cana-de-açúcar foi suficiente para elevar o pH da silagem acima de 4,0.

No que tange o uso da cana-de-açúcar como forragem para ensilagem, o alto teor de CHO's presente nessa forragem está aliado à alta população de leveduras epifíticas. De acordo com Bevan e Bond (1971) os maiores responsáveis pela fermentação alcoólica são as leveduras do gênero *Candida*, *Saccharomyces*, *Torula* e *Pichia*. Esses microrganismos, segundo Gallo e Canhos (1991), estão presentes em populações entre  $10$  a  $10^3$  ufc/g de cana-de-açúcar, todavia, há relatos de populações tão elevadas quanto  $10^6$  ufc/g de forragem (PAHLOW et al., 2003). Os autores completam ainda que esses microrganismos metabolizam rapidamente o açúcar e são resistentes à temperaturas entre 50 e 55°C. E, de acordo com McDonald; Henderson e Heron (1991), diferente do que ocorre com clostrídios e enterobactérias, as leveduras não são inibidas pelo abaixamento do pH, podendo se desenvolver em valores de pH variando de 3,5 a 6,5, sendo que existem relatos de certas espécies leveduras que sobreviveram em pH inferiores a 2,0.

Provavelmente, de acordo com Nussio e Schmidt (2004), a produção de etanol, em detrimento à queda do valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, sejam as principais dificuldades apresentadas pelo processo de conservação desta forragem e o maior desafio da pesquisa na busca por medidas que controlem adequadamente a população e a atividade de leveduras, sem prejuízo do valor nutritivo da silagem e do desempenho de animais.

O mecanismo metabólico para a produção de etanol, conforme relatado por Alli et al. (1983), leva a perdas excessivas de MS, baixos teores de ácido láctico e acético. Além disso, as leveduras podem contribuir na deterioração aeróbia de silagens (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK, SPOLESTRA, 1999). A reação bioquímica da síntese de etanol é catalisada pela via fermentativa de leveduras e descrita da seguinte forma, de acordo com McDonald; Henderson e Heron (1991):



Segundo Nussio e Schmidt (2005), a fermentação alcoólica é um processo indesejável quando acontecida durante a ensilagem, tanto por conta do aumento nas perdas de MS descritas acima, quanto pela posterior rejeição na ingestão que apresenta o animal. Apesar do etanol ser potencialmente aproveitado no rúmen, após conversão a acetato (CHALUPA; EVANS; STILLIONS, 1964) sua maior parte, segundo Alli e Baker (1982), é perdida previamente durante a estocagem nos silos, a retirada no painel e durante o fornecimento da silagem. Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), a produção de álcool na ensilagem pode acarretar em perdas de até 49% de MS dos substratos.

Os teores de etanol que podem ser encontrados nas silagens de cana-de-açúcar são bastante variáveis e dependentes de diversos fatores, tais como: maturidade fisiológica da planta, aditivo utilizado, variedade utilizada, tempo de fermentação, dentre outros. Desde a década de 70, os primeiros trabalhos com silagem de cana-de-açúcar alertavam para o problema dessa cultura ao ser ensilada sem aditivos (PRESTON, HIJINOSA; MARTINEZ, 1976 e GONZÁLES; MacLEOD, 1976).

Os experimentos com cana-de-açúcar como cultura potencial na ensilagem ainda se desenvolveram na década de 80, especialmente na América Central e Caribe (ALLI; BAKER, 1982; ALLI et al.; 1983; KUNG JUNIOR; STANLEY, 1982 e ALCÁNTARA et al., 1989) e encontraram teores variando de 1,45% (ALCÁNTARA et al., 1989) a 17,52% de etanol em função da MS (KUNG JUNIOR; STANLEY, 1982). Na última década do século XX, os trabalhos com silagem de cana-de-açúcar se estagnaram, voltando a despertar interesse mais recentemente. Desde o início dos trabalhos de Pedroso

(2003), pesquisas vêm sendo conduzidas na busca de aditivos que controlem a produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar.

Os autores que se esmeram nesse campo ainda relatam a alta produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar sem qualquer tipo de aditivo. A maioria dos estudos demonstra consumo de CHO's pelos microrganismos epifíticos, com produção de etanol. Gonzáles e MacLeod (1976) observaram que a cana-de-açúcar ensilada sem aditivo apresentou redução no valor de graus Brix de 13,8° para a cana-de-açúcar fresca, passando para 9,0 na ensilada sem aditivos, como consequência, a produção de álcool alcançada na silagem foi de 1,4% MS.

Após 10 dias de ensilada sem aditivos, a cana-de-açúcar apresentou 8,86% de etanol com redução no teor inicial de 52,3% de CHO's na MS da cana-de-açúcar fresca, para 3,64% de CHO's na MS da silagem, levando ao aumento no FDA de 29,9 para 43,1% da MS e apresentando 5,2% de perda por gases (ALLI; BAKER, 1982). De acordo com os autores, aproximadamente 50% do açúcar consumido deve ser em decorrência da produção de etanol e os outros 50% decorrentes da respiração, até se exaurir o oxigênio presente nos silos.

Alli et al. (1983) relataram redução no teor de CHO's de 47,10 para 1,02% durante os primeiros 21 dias de ensilagem, enquanto a produção de etanol que era nula no dia da ensilagem, passou a ser de 11,6%, com perdas totais de MS da ordem de 5%.

Ao trabalharem com cana-de-açúcar com estádios de maturidade diferenciados, Kung Junior e Stanley (1982) verificaram que o teor de etanol variou de 7,5% aos seis meses de maturação, até 17,5% da MS nos 24 meses de crescimento fisiológico.

Bernardes et al. (2002) ensilaram a cana-de-açúcar com 12 meses de crescimento vegetativo e encontraram teores de etanol chegando a 6,87% da MS.

Pedroso et al. (2005), ao estudarem a dinâmica de fermentação em silagens de cana-de-açúcar, constataram o desaparecimento de 71% dos CHO's, como consequência, o teor de etanol na MS atingiu 6,4% e as perdas gasosas chegaram a 15,8%.

Freitas et al. (2006) encontraram 17,8% de etanol na silagem de cana-de-açúcar controle. A forragem que deu origem a essa silagem, apresentava 59,9% de CHO's na MS, passando a 6,4% após 45 dias da ensilagem.

Santos et al. (2007) verificaram teor de etanol relativamente baixo, com 4,78% da MS em silagem controle. Entretanto, Pedroso et al. (2007) reportaram valor alto, como 22,7% de etanol na base da MS de silagens de cana-de-açúcar.

Não só o teor de etanol altera-se em silagens de cana-de-açúcar. Como mencionado anteriormente, Alli e Baker (1982) verificaram alterações de outros nutrientes, como: FDA, CHO's, PB, ácidos orgânicos, dentre eles, acético e láctico e até mesmo o próprio teor de MS.

Sem dúvida, em comparação à cana-de-açúcar fresca que a deu origem, a silagem perde em valor nutritivo. Alcántara et al. (1989) observaram redução na digestibilidade *in vivo* em carneiros machos, quando comparadas às fontes de fornecimento da cana-de-açúcar (66,4% vs. 55,3%).

Coan et al. (2002) verificaram que houve, em relação à cana-de-açúcar fresca, diminuição no teor de MS (27,3 vs. 20,9%) e aumentos nos teores de constituintes da parede celular, FDN (42,1 vs. 54,9%), FDA (34,9 vs. 43,8%) e LIG (6,8 vs. 7,2%) nas silagens de cana-de-açúcar.

Pascoal et al. (2006) verificaram que os teores de PB e frações da parede celular aumentaram na silagem de cana-de-açúcar, em comparação à cana-de-açúcar fresca que a originou, o teor de PB passou de 2,07 para 3,83%, o de FDN foi de 42,86 para 63,36%, o FDA que era de 26% aumentou 13,93 unidades percentuais e a hemicelulose que na cana-de-açúcar *in natura* era de 16,86%, passou a ser de 23,43% na silagem.

Ao compararem a cana-de-açúcar fresca com a ensilada, Cavali et al. (2006) verificaram a mesma tendência observada após a perda de CHO's, passando de 36,9% para 12,1% na cana-de-açúcar ensilada. Dessa maneira, houve concentração das demais frações, como por exemplo, FDN, FDA, HEM, LIG e PB.

Somados aos fatores que afetam a composição química da cana-de-açúcar fresca e picada na alimentação animal, o tempo de ensilagem, o uso de aditivos e outros fatores associados à ensilagem afetam sobremaneira a composição e valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar. Como demonstrado anteriormente, na Tabela

2.3, também é possível verificar a variabilidade do banco de dados de silagens de cana-de-açúcar de amostras comerciais analisadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ entre os anos de 2000 e 2006.

Tabela 2.3 – Composição média e amplitude de variação de amostras de silagens de cana-de-açúcar analisadas no Laboratório de Bromatologia da USP/ESALQ, entre os anos de 2000 e 2006

<b>Nutriente</b>	<b>n</b>	<b>Média</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>
Matéria seca, %	16	30,2	24,6	57,3
Proteína bruta, % MS	16	3,4	1,7 <sup>1</sup>	6,3
Fibra bruta, % MS	15	30,1	10,6	36,4
Extrato etéreo, % MS	15	1,2	0,7	1,9
Matéria mineral, % MS	16	3,8	2,1	5,7
Extrato não-nitrogenado, % MS	15	61,5	52,4	83,6
NDT estimado, %	15	59,0	53,9	69,5
FDA, % MS	9	36,7	31,0 <sup>1</sup>	42,3
FDN, % MS	10	56,7	46,3 <sup>1</sup>	72,4
Celulose, % MS	8	30,0	26,1 <sup>1</sup>	32,0
Lignina, % MS	8	6,0	4,9 <sup>1</sup>	7,2
N total, % MS	4	0,6	0,6 <sup>1</sup>	0,5
N-FDA, % N total	4	22,2	15,8 <sup>1</sup>	31,2
N-FDN, % N total	2	26,4	24,0	28,8
pH	5	4,13	3,69	4,67 <sup>1</sup>
DVIVMS, %	1	65,7	65,7	65,7

Fonte: Nussio et al., 2006.

Nota: <sup>1</sup> Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO.

De acordo com o formulário enviado juntamente com as amostras, pode-se observar que muitas das silagens apresentavam o tratamento com aditivo alcalino de óxido de cálcio ou cal virgem. Todavia, como foi possível verificar, o material chamado, genericamente, de silagem de cana-de-açúcar pode trazer, em sua composição

química, nutrientes dos mais variáveis teores, o que poderá, em última análise, acarretar em desbalanço nutricional para os animais que o consumirem.

Com relação ao tempo de ensilagem, Molina et al. (2002) verificaram que o teor de MS da silagem de cana-de-açúcar passou de 27,9% no primeiro dia depois da ensilagem, para 21,6% aos 56 dias de fermentação.

Pedroso et al. (2005) verificaram que o teor de MS da cana-de-açúcar ensilada sem aditivo foi nove pontos percentuais mais baixo aos 180 dias de ensilagem, comparativamente ao primeiro dia, passando de 34,5% para 25,5% de MS. Os mesmos autores relataram concentração de todas as frações nutricionais conforme progressão diária. O teor de FDN passou de 49,6 para 72,9% da MS, o de FDA de 32,5 para 45,8% da MS, a LIG que inicialmente era de 4,5% da MS aumentou em mais de três pontos percentuais e chegou a 6,7% da MS, o teor de proteína bruta (PB) subiu de 2,0 para 3,36% da MS e a matéria mineral (MM) aumentou de 2,4 para 4,2% da MS.

Esse mesmo comportamento havia sido relatado por Kung Junior e Stanley (1982), que o atribuíram às perda dos componentes solúveis (açúcares) presentes no conteúdo celular da planta. Isso também foi observado por Alcántara et al. (1989) que verificaram, após 30 dias de fermentação, aumento de mais de 17% no teor de FDN da cana-de-açúcar ensilada em relação à cana-de-açúcar que a deu origem. O teor de FDN da cana-de-açúcar fresca era de 50,25% da MS e passou para 67,48% da MS na cana-de-açúcar ensilada, o FDA passou de 34,96 para 44,15% da MS e para a HEM houve praticamente 8% de aumento na silagem de cana-de-açúcar comparativamente a essa forragem na forma de capineira.

Essa variação na composição química leva a alteração significativa no coeficiente de DVIVMS. Houve queda de 17,5% nesse coeficiente no estudo conduzido por Pedroso et al. (2005), passando de 62,9 para 45,4% MS. A redução na DIVMS encontrada por Alcántara et al. (1989) foi menor (11%), passando de 66 para 55% na cana-de-açúcar ensilada.

Esse fenômeno também foi observado por Cavali et al. (2006) em que a DIVMS da cana-de-açúcar fresca que era de 66,9%, passou a ser de 48,4%. Isso foi justificado pelos autores por conta da depleção de carboidratos solúveis (CHO's) da cana-de-

açúcar durante o processo de ensilagem, sabidamente um componente de alta digestibilidade.

### **2.3 Aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar e seus efeitos na composição química e perdas fermentativas**

Os microrganismos presentes nas plantas, os chamados microrganismos epifíticos, e suas interações com aqueles oriundos da inoculação microbiana, são os responsáveis pela fermentação das silagens, afetando também a estabilidade aeróbia das mesmas após a abertura dos silos. O número de microrganismos epifíticos é variável e afetado pelo tipo de forragem, estágio de maturidade das plantas, clima, corte e condicionamento das forragens (LIN et al., 1992).

De acordo com Pedroso (2003), os aditivos são capazes de reduzir perdas de valor nutritivo na ensilagem da cana-de-açúcar, mas a escolha do aditivo adequado é fundamental, uma vez que existe a possibilidade de se obter efeitos opostos, elevando-se as perdas de valor nutritivo caso a escolha seja errônea.

Em vista desses problemas, na última década, foram iniciados estudos que visaram descobrir ou desenvolver aditivos químicos e/ou microbianos que pudessem ser utilizados durante a ensilagem da cana-de-açúcar com o objetivo de diminuir a população de leveduras e, por conseguinte, diminuir a produção de álcool durante o processo fermentativo.

Segundo Schmidt (2006) a escolha do aditivo deve ser baseada em critérios que considerem aspectos como: recuperação de MS na ensilagem, estabilidade em ambiente aeróbio e o desempenho de animais que consumam essas silagens. Ainda, completa o autor, a justificativa para a adoção de um aditivo deverá considerar seu custo, em contraste ao benefício a ser alcançado.

De acordo com Santos (2007), nem sempre o uso de aditivos vem acompanhado de melhora no desempenho de animais recebendo silagens tratadas. Mesmo que isso não aconteça, apenas se o aditivo for capaz de alterar o padrão de fermentação das silagens, reduzindo as perdas totais e aumentando a recuperação de matéria seca de forma economicamente viável, sua utilização já se torna justificável.

### 2.3.1 Aditivos químicos

Conforme mencionado por Santos (2007), os aditivos químicos podem ser classificados de acordo com o modo de ação ou sua função em subgrupos como: agentes alcalinizantes ou hidrolíticos, aditivos nutrientes e aditivos conservantes, estes podem ser ácidos ou sais. Uma vez usados, esses aditivos podem interferir na dinâmica fermentativa, afetando diretamente o pH final da silagem, alterando a pressão osmótica, assim, por consequência, inibindo o desenvolvimento de determinados grupos de microrganismos, ou ainda, uma terceira atuação, modificando a composição bromatológica do alimento. Além disso, segundo o autor, alguns aditivos podem atuar em vários eventos simultaneamente, alterando ainda mais o padrão fermentativo, sendo que alguns aditivos possuem, em sua composição química, elementos capazes de alterar a ingestão de MS dos animais e/ou adicionar nutrientes às silagens.

Nesse grupo de aditivos químicos, o primeiro a ser utilizada foi, provavelmente, a uréia. Classificada por McDonald, Henderson e Heron (1991) como aditivo nutriente, a uréia vem sendo utilizada em muitos estudos com silagem de cana-de-açúcar com o intuito de corrigir a deficiência de nitrogênio dessa forragem e promover o controle de leveduras pela ação antifúngica da amônia.

Estudos da década de 70 avaliaram a uréia aplicada em solução aquosa ou adicionada de melaço e os autores relataram redução na perda de açúcares solúveis e eliminação total da produção de etanol (PRESTON; HINOJOSA; MARTINEZ, 1976 e ALVAREZ; PRESTON, 1976). Segundo Schmidt (2006), após quase três décadas, o avaliações na ensilagem de cana-de-açúcar ressurgiu no Brasil focando-se, novamente na uréia, devido, sobretudo, à facilidade de obtenção e aplicação desse produto.

Alli et al. (1983) avaliaram o padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar aditivada com 0,45% de amônia com base na massa verde (MV) de forragem. Os autores observaram redução na população de leveduras e fungos, menor produção de etanol (10,6 vs. 2,0%, aos 42 dias de ensilagem), redução das perdas de MS de 5,28 para 2,75% e de CHO's, de 22,4% para a silagem aditivada de amônia com para 0,92% da MS na controle. Entretanto, houve produção de ácido butírico na silagem tratada (0 vs. 4,56% da MS).



Os primeiros testes com aditivos para controle do desenvolvimento de leveduras em silagens de cana-de-açúcar foram baseados em resultados promissores de experimentos pioneiros, os quais avaliaram o uso de soluções de amônia para controle de fungos e leveduras em silagens de milho (BRITT; HUBER; ROGERS, 1975). Desde então, numerosos grupos de aditivos têm sido avaliados com vistas a melhorar o padrão fermentativo e controlar a população de leveduras na ensilagem da cana-de-açúcar.

Os estudos mais recentes no Brasil preconizam doses de 0,5 a 1,5% de uréia como aquelas que promovem bom padrão fermentativo, aliando a melhoria na composição bromatológica à teores mais elevados de PB, MS e inferiores de FDN e FDA, comparativamente à silagem de cana-de-açúcar exclusiva (MOLINA et al., 2002). Todavia, Schmidt (2006) atentou para o fato dessas doses apresentarem resultados bastante variáveis (JUNQUEIRA, 2006; PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005).

Em vista do exposto, as doses sugeridas de 0,5 a 1,0% da MV são as mais efetivas em reduzir as perdas fermentativas, uma vez que, doses superiores acabam por tamponar demais o meio, elevando-se a perda por deterioração do painel (JUNQUEIRA, 2006). No estudo de Roth et al. (2005), dadas as equações matemáticas encontradas, verifica-se que a máxima digestibilidade da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia esteve associada a adição de 1,37% desse aditivo, levando-se em conta as doses testadas de 0,5; 1,0 e 2,0% de uréia com base na MV.

Sousa et al. (2005) verificaram que na dose de 1,0% da MV, a uréia alterou a perda de MS, sendo que a perda por gases passou de 32,5% na silagem controle, para 28,0% na silagem com esse aditivo nutriente. Desse modo, a recuperação de MS (RMS) foi aproximadamente 10% superior na silagem aditivada (74,24 vs. 64,71% de RMS).

Outra vantagem desse aditivo, de acordo com Nussio e Schmidt (2004), é que a recuperação do nitrogênio (N) da uréia é alta (acima de 70%) e deve ser considerada como benefício adicional na escolha do aditivo. Essa percentual de recuperação pôde ser verificada em trabalhos nos quais os autores utilizaram amônia contendo N marcado ( $^{15}\text{N}$ ), como foi o caso dos trabalhos de Huber; Foldager e Smith (1979) e Huber; Smith

e Stiles (1980). Nesses experimentos com silagem de milho os pesquisadores obtiveram 95 e 68% de recuperação do N oriundo da amônia, respectivamente.

Conforme descrito por Santos (2007), dentro do subgrupo dos aditivos químicos dos agentes alcalinizantes ou hidrolíticos destacam-se os hidróxidos, os óxidos básicos e os carbonatos, sendo os mais utilizados: hidróxido de sódio ou soda cáustica (NaOH), hidróxido de potássio (KOH), hidróxido de amônio (NH<sub>4</sub>OH), hidróxido de cálcio ou cal hidratada [Ca(OH)<sub>2</sub>], carbonato de cálcio ou calcário (CaCO<sub>3</sub>) e óxido de cálcio ou cal virgem (CaO). Apesar dos agentes alcalinizantes serem referidos como sinônimos de agentes hidrolíticos, neste documento eles serão chamados de agentes alcalinizantes, uma vez que o efeito hidrolítico pode não ser evidenciado.

Dentre os agentes alcalinizantes utilizados na ensilagem da cana-de-açúcar, vários experimentos foram conduzidos utilizando-se o hidróxido de sódio, comumente conhecido como soda cáustica. A soda cáustica é um agente alcalino forte, com comprovada ação sobre a fibra de volumosos (BERGER et al., 1994), inclusive cana-de-açúcar (EZEQUIEL et al., 2003). Contudo, os riscos de toxicidade e o elevado custo dificultam o uso desse produto. Além disso, há que se verificar se o uso desse aditivo em doses elevadas não acarreta em desequilíbrio mineral e alta ingestão de sódio (Na) pelo animal.

Pedroso et al. (2002) verificaram teor de etanol de 3,05% MS na silagem controle, sendo reduzido para 2,00% da MS em média nos tratamentos que receberam doses de NaOH variando entre 1 e 3% da MV. Somado a isso, foram encontradas produções mais baixas de efluente e gases nas silagens que receberam a soda cáustica.

Em amostras de cana-de-açúcar que receberam o tratamento de 4% de NaOH no momento da ensilagem, Castrillón; Shimada e Calderón (1978) verificaram ter havido redução acentuada na produção de álcool, passando de 5,2 para 0,9% da MS, sendo encontrado também aumento no teor de ácido láctico.

Mais recentemente, o agente alcalinizante adotado como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar é a cal virgem ou óxido de cálcio (CaO). Esse aditivo veio na contramão do que normalmente ocorre, pois esse produto começou a ser usado no campo, por produtores, sem qualquer teste prévio e, somente depois disso, iniciaram-se os testes

no meio acadêmico. O apelo inicial desse aditivo era o de promover a hidrólise da fibra vegetal quando a cana-de-açúcar era tratada no manejo de montes, ou seja, fresca e picada.

Isso pôde ser observado por Oliveira et al. (2006a), visto que trataram com  $\text{Ca(OH)}_2$  a cana-de-açúcar fresca, a mantiveram por três ou seis horas e verificaram que esse tempo de ação não foi efetivo, porém a adição da cal hidratada em 0,5% promoveu menores teores de FDN (33,83 vs. 35,93% MS) e HEM (13,96 vs. 15,78% MS). Entretanto, esse efeito não foi suficiente para se alterar o NDT das amostras de cana-de-açúcar controle ou aditivada. A mesma equipe (OLIVEIRA et al., 2006b), verificou que o efeito do tempo de exposição à ação da cal foi importante no que se referiu à digestibilidade *in vitro* do FDA (DIVFDA), uma vez que, com seis horas de ação, houve aumento no coeficiente de digestibilidade em 6,83 pontos percentuais, em relação àquela observada com a ação durante três horas (21,54%).

A cana-de-açúcar tratada com cal hidratada também foi estudada por Silva et al. (2006), sendo que na dose de 1% da MV proporcionou redução no teor de FDN de 59,40 para 53,69% MS, no teor de FDA de 36,26 para 32,79% MS, no de HEM de 23,13 para 20,89% MS e com melhoria da DIVMS de 53,22 para 58,47%, sempre quando comparada à cana-de-açúcar *in natura*.

Mota et al. (2007) compararam na dose de 0,5% a cal virgem ou hidratada no que se referiu à composição bromatológica da cana-de-açúcar fresca tratada com esses agentes alcalinizantes. Os autores verificaram que a ação das cales foram observadas somente no teor de FDN, entretanto, não houve efeito do tipo de cal sobre essa entidade bromatológica, demonstrando poder semelhante de ambas fontes.

Comparando doses de cal virgem, Domingues et al. (2007) verificaram quedas progressivas nos teores de FDN na medida em que a dose passou de nula até chegar ao máximo de 2% da MV. Com relação ao teor de FDA, a diminuição dessa fração deu-se em doses superiores a 1% da MV.

A cal virgem surgiu na tentativa de substituir, em alguns casos, o hidróxido de sódio. Os estudos com esse aditivo sugerem silagens apresentando perdas reduzidas de MS, com parte do valor nutritivo da cana-de-açúcar *in natura* preservada (SANTOS, 2007).

Balieiro Neto et al. (2007) testaram a cal virgem na ensilagem da cana-de-açúcar em quatro doses (0% ou controle; 0,5; 1,0 e 2,0% da MV) e verificaram que a dose de 1,0% foi capaz de aumentar a digestibilidade, reduzir os constituintes da parede celular, manter teores de FDN e hemicelulose após abertura do silo, promover maior estabilidade da composição química e melhor qualidade da silagem após a abertura, tanto aos três, como aos seis e aos nove dias de ensaio de estabilidade aeróbia. O teor de FDN foi de 63,34% MS na silagem controle, passou para 58,53% na silagem de cana-de-açúcar aditivada com 1,0% da cal virgem e chegou a valores de 49,47% MS na silagem de cana-de-açúcar que apresentou adição de 2,0% de óxido de cálcio. No teor de FDA a diferença da silagem controle foi determinada somente na dose mais elevada. Nesse ensaio, logo no momento da ensilagem a ação da cal virgem havia sido determinada, sugerindo que o efeito da dose tenha sido mascarado com o decorrer do processo fermentativo. Contudo, ainda assim o coeficiente de DIVMS foi aumentado na medida em que a dose de cal virgem se elevou. A idéia original, da cal virgem promover solubilização parcial da hemicelulose, não foi verificada nesse estudo, embora tenha sido relatada anteriormente por Balieiro Neto et al. (2005a).

Segundo Jackson (1977), a celulose expande-se quando tratada com aditivos alcalinos reduzindo as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio que ligam moléculas de celulose. Van Soest (1994) menciona que, durante o tratamento alcalino, parte da lignina e da sílica pode ser dissolvida, além disso, para esse autor a celulose se mantém estável durante o processo fermentativo.

Também estudando doses (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% de CaO na MV) de cal virgem na ensilagem da cana-de-açúcar, Cavali et al. (2006) verificaram queda nos teores de FDN, FDA e HEM conforme a dose de cal virgem foi aumentada, com conseqüente melhoria no coeficiente de DIVMS. O teor de FDN passou de 62,9% na silagem controle para 37,9% da MS na silagem com 2,0% de cal virgem. O FDA variou de 42,2 até 22,6% MS na dose mais elevada e a HEM foi menor 5,5 pontos percentuais menor na dose de 2,0% de cal, se comparada ao tratamento controle (20,7% de HEM na MS). A DIVMS foi de 48,4% na silagem controle e chegou a 81,5% na maior dose de aditivação.

Testando a cal virgem na ensilagem da cana-de-açúcar em duas doses (1,0 e 1,5% da MV), Santos (2007) verificou que esse aditivo promoveu significativo decréscimo no teor de etanol se comparada à silagem controle que apresentou 4,78% de etanol na MS, enquanto que as silagens aditivadas com cal não apresentaram mais que 0,38% de etanol na MS. Esse agente alcalinizante também foi responsável por preservar o teor de CHO's acima de 6,5% da MS. Com relação ao teor de FDN, a adição de cal virgem à cana-de-açúcar promoveu redução deste componente abaixo de 54,83%, sendo que a silagem controle apresentou 67,10% de FDN na MS. O mesmo comportamento foi observado para as frações FDA e HEM. Isso levou ao maior coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (70,45%) encontrado nesses tratamentos (1,0 e 1,5% de CaO), que aquela verificada na silagem controle (48,74%).

Amaral (2007) verificou, tanto na cana-de-açúcar tratada com cal virgem, quanto na tratada com calcário que as frações da fibra vegetal apresentaram-se, percentualmente, mais baixas que aquelas da silagem de cana-de-açúcar exclusiva.

Com relação às perdas durante o processo fermentativo, o autor supracitado verificou que a cal virgem também promoveu melhor RMS durante a ensilagem, portanto, menor perda fermentativa, com valor abaixo de 16,90% da MS ensilada. Essa melhoria na RMS na ensilagem não foi comprovada por Balieiro Neto et al. (2005b). Os autores observaram que a perda ficou próxima de 20% para a silagem controle, bem como para os tratamentos 0,5; 1,0 ou 2,0% de CaO. A recuperação observada por Oliveira et al. (2004) para a silagem de cana-de-açúcar controle foi de 72,1% e para a aditivada com 0,5% de cal hidratada foi de 77,0%. A maioria das perdas totais corresponde às perdas gasosas, como observado por Siqueira (2005) e isso também se repetiu o estudo de Santos (2007).

Ao estudar a ação de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar, Roth et al. (2006) verificaram que, para a cana-de-açúcar queimada e ensilada em diferentes intervalos após a queima, o tratamento cal virgem apresentou RMS mais alta (80,71%) que a silagem controle (61,29%). Em outro experimento, com o mesmo grupo de pesquisa (Roth et al., 2007), os autores verificaram que a RMS na silagem controle foi cerca de 75,0% daquela observada na silagem tratada com cal virgem (55,2 vs. 73,4%) na dose de 1,0% da MV.

Outro aditivo utilizado é o carbonato de cálcio ou calcário. Relatos da década de 60 demonstraram que esse aditivo foi bastante utilizado nos Estados Unidos, tanto exclusivo, quanto associado à uréia (JOHNSON et al., 1967; KLOSTERMAN et al., 1960; OWENS; MEISKE; GOODRICH, 1969).

No Brasil poucos trabalhos empregaram o calcário na ensilagem. Vieira et al. (2001 e 2004) avaliaram a dose 0,5% de calcário no sorgo no momento da ensilagem e verificaram que esse aditivo não trouxe qualquer benefício para a composição química, bem como não melhorou a digestibilidade das silagens em relação ao controle.

De acordo com Klosterman et al. (1960) o calcário ajudaria a aumentar os ácidos orgânicos das silagens, pois com a neutralização dos ácidos produzidos, daria chance da fermentação ocorrer por mais tempo e com maior intensidade, favorecendo a produção de maiores quantidades de ácido. Todavia, no que diz respeito à composição química, nenhum aumento na digestibilidade da MO, PB ou mesmo fibra foi encontrado.

Ademais, outros produtos químicos fungicidas e bactericidas foram testados por Pedroso et al. (2002), como o benzoato de sódio e o sorbato de potássio. Esses produtos foram primeiramente utilizados na indústria de alimentação humana e seus resultados mostraram-se bastante satisfatórios no controle de leveduras. Todavia, em virtude do desconhecimento da sua empregabilidade na produção animal e seu alto custo, seu uso fica prejudicado. Siqueira et al. (2004) utilizaram o benzoato de sódio na dose de 0,1% da MV e verificaram redução na produção de gases. As perdas totais também foram inferiores para a silagem tratada com benzoato de sódio (19,5%), se comparada à silagem controle (28,4%).

De acordo com Schmidt (2006), ainda são escassos os trabalhos disponíveis em literatura contendo benzoato de sódio na ensilagem da cana-de-açúcar e há necessidade de mais estudos que permitam verificar o real efeito desses novos aditivos sobre a população de microrganismos e perdas de MS durante o processo fermentativo.

### **2.3.2 Aditivos microbianos**

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), em geral, a inoculação com bactérias produtoras de ácido láctico pode acelerar a queda do pH, reduzir o pH final,

aumentar os teores de ácido láctico, diminuir a produção de efluente e a perda de MS no silo, melhorando, conseqüentemente, o desempenho de animais alimentados com essa forragem.

Os inoculantes comerciais contêm, normalmente, linhagens de bactérias homofermentativas produtoras de ácido láctico exclusivo como: *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Streptococcus faecium*, *Enterococcus faecium* e *Lactococcus lactis*. Recentemente, inoculantes contendo bactérias heterofermentativas, produtoras de ácido acético e/ou propiônico, além do ácido láctico, como: *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus cerevisiae*, *Propionibacterium shermani* e *Propionibacterium acidipropionici*, têm sido avaliados com vistas a melhorar a estabilidade aeróbia das silagens, o que implica no controle da população de leveduras e, no caso de serem eficientes, indicaria bom potencial de uso na ensilagem da cana-de-açúcar. Entretanto, os resultados nessa área têm sido variáveis. Outros inoculantes testados e em fase de teste compreendem associações de microrganismos, normalmente entre bactérias homo e heterofermentativas (Pedroso, 2003).

Por certo tempo, foram indicadas cepas para inoculação de cana-de-açúcar que, em muitos casos, apresentaram efeito inverso ao requerido, como foi observado no estudo de Pedroso et al. (2002). Os autores encontraram produções três vezes superiores (3,06 vs. 9,81% MS) de etanol quando a cana-de-açúcar foi inoculada com bactéria produtora de ácido láctico exclusivo (BAL), à base de *L. plantarum*, se comparada à silagem controle. Além disso, a recuperação de MS foi a mais baixa (77,0%) de todos os tratamentos testados.

Aditivos contendo bactérias heteroláticas, que produzem ácido acético, além do ácido láctico, têm apresentado bom potencial como forma de melhorar a estabilidade aeróbia das silagens, devido ao maior poder daquele ácido em inibir o crescimento de leveduras e fungos. De acordo com Ribeiro et al. (2005), a inabilidade de bactérias produtoras de ácido láctico exclusivo em melhorar a estabilidade aeróbia despertou o interesse da utilização de inoculante com base em bactérias heteroláticas, capazes de produzir metabólitos com efeito antifúngico. Além disso, as cepas de *L. buchneri* (LB) não produzem etanol (DANNER et al., 2003), uma vez que não possuem a enzima acetaldéido desidrogenase, tornando-se de interesse e com potencial de utilização na

inoculação da cana-de-açúcar submetida à ensilagem, tanto com relação ao processo fermentativo, quanto com relação à estabilidade após a abertura.

Conforme relatado por McDonald; Henderson e Heron (1991), a glicose é fermentada até acetato e, se houver um receptor de hidrogênio como a frutose, será reduzida a manitol. Segundo Driehuis; Oude Elferink e Spoelstra (1999), as bactérias *L. buchneri* promovem, além de metabolizar o ácido láctico a acético, produção de 1,2-propanodiol.

Ranjit e Kung Junior (2000), em experimento no qual avaliaram inoculantes contendo *L. buchneri* na ensilagem de milho, observaram aumento na produção do ácido acético, sendo 1,8% na silagem controle e 3,6% na silagem inoculada. Isso levou à queda de  $10^6$  para  $10^2$  ufc/g MV na população de leveduras, o que trouxe como resultado a melhoria na estabilidade aeróbia em última instância.

Por conta da verificação do processo metabólico desenvolvido por esse microrganismo, bem como os resultados promissores verificados, tanto em silagens de milho (RANJIT; KUNG JUNIOR, 2000; NISHINO et al., 2003; DANNER et al., 2003), quanto de outras culturas como cevada (KUNG JUNIOR; RANJIT, 2001; TAYLOR et al., 2002) e trigo (WEINBERG et al., 2002), iniciaram-se os estudos com a cana-de-açúcar inoculada e ensilada (PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005; JUNQUEIRA, 2006; QUEIROZ, 2006; SCHMIDT, 2006, dentre muitos outros).

Kleinschmit e Kung Junior (2006) realizaram um estudo de metanálise da inoculação de *Lactobacillus buchneri* em silagens de milho, azevém perene ou culturas de pequenos grãos de cereais (cevada, trigo, sorgo e ervilha). Os autores analisaram 43 experimentos de 23 artigos científicos com suas médias e desvios padrões e separaram os tratamentos em três possibilidades: 1) controle; 2) Inoculação de LB  $\leq 10^5$  ufc/g MV e 3) Inoculação de LB  $\geq 10^5$  ufc/g MV. Para a silagem de milho, os autores relataram que o teor de ácido láctico diminuiu do tratamento 1 ao tratamento 3, enquanto que o de ácido acético aumentou, mostrando o efeito pronunciado da inoculação de LB sobre a transformação do ácido láctico em acético, característica desse microrganismo. Ainda, a população de leveduras declinou conforme se aumentou a dose de LB, passando de 4,18 log ufc/g MV no tratamento controle, para 3,10 log ufc/g MV no tratamento com a dose menor e atingido o mínimo de 1,88 log ufc/g MV na dose mais



elevada de inoculação. Para as silagens de azevém perene e de pequenos grãos de cereais o comportamento foi semelhante, exceção feita para a contagem de leveduras que não se diferenciou entre os tratamentos.

Com base nos resultados promissores da inoculação de LB em silagens de milho, iniciaram-se os estudos de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar por Pedroso (2003) que testou aditivos químicos e microbianos. O autor verificou que o aditivo com base em *L. buchneri* na dose de  $4 \times 10^5$  ufc/ g MV, foi eficiente em diminuir o teor de etanol das silagens de cana-de-açúcar para 1,90% da MS, enquanto que na silagem controle esse teor foi de 4,05%. Além disso, determinou menor contagem de leveduras na silagem inoculada (5,65 vs. 6,49 log ufc/g MV). Não foram encontradas diferenças entre o tratamento controle e LB com relação ao pH (3,65 vs. 3,65), perda total (6,82 vs. 5,19%), por gases (6,14 vs. 6,73% MS), por efluente (6,98 vs. 2,30 kg/t MV) e também no que diz respeito ao coeficiente de DVIVMS (46,6 vs. 46,0%). Todavia, ao testar outro tratamento, com base em *L. plantarum*, o autor verificou aumento na produção de etanol (4,90% MS) e na perda por gases (8,04% MS), com queda do coeficiente de DVIVMS (43,9%), demonstrando que não somente o aditivo foi ineficaz, como acarretou em prejuízo com relação ao tratamento controle.

Schmidt (2006) testou a inoculação de *L. buchneri* em silagens de cana-de-açúcar confeccionadas em silos do tipo *bag* e verificou que o microrganismo foi eficiente em promover a redução do teor de etanol, tanto na dose alta ( $10^5$  ufc/g MV), quanto na dose baixa ( $5 \times 10^4$  ufc/g MV). Entretanto, no que se refere ao valor nutritivo, somente na dose mais alta foi possível verificar melhoria da DVIVMS em relação à silagem de cana-de-açúcar controle.

Avaliando silagens de cana-de-açúcar inoculadas com LB na dose comercial do produto ( $5 \times 10^4$  ufc/g MV), Queiroz (2006) verificou que esse tratamento não foi determinante em melhorar os resultados encontrados na silagem controle. Os teores de etanol não foram diferentes entre os tratamentos controle (7,91% MS) e LB (6,45% MS), bem como não se diferenciaram quanto às perdas fermentativas total, por gases e por efluente.

Freitas et al. (2006) avaliaram a cana-de-açúcar ensilada em silos experimentais em diversos tratamentos. As perdas totais de MS na ensilagem foram semelhantes,

sendo na silagem controle de 31,1% e na LB de 33,2% da MS. Apesar da silagem inoculada ter apresentado menor população de leveduras que a silagem controle (3,98 vs. 5,05 log ufc/g MV), o teor de etanol não foi diferente entre os tratamentos (17,8% para a silagem controle e 19,3% MS para a inoculada). Além disso, o coeficiente de DIVMS e o teor de acetato foram semelhantes entre os tratamentos. Avaliando o mesmo inoculante em relação à silagem de cana-de-açúcar controle, Roth et al. (2007), também não verificaram diferenças com relação às perdas fermentativas em silos experimentais.

Siqueira et al. (2007b) testaram o efeito da inoculação de *L. buchneri*, tanto na cana-de-açúcar ensilada crua, quanto na queimada. Os autores não conseguiram determinar comportamento padronizado do inoculante, demonstrando clara interação entre a fonte de forragem e a inoculação.

Pedroso et al. (2007) verificaram que a inoculação de LB diminuiu a produção de etanol de 22,7 para 13,3% MS, a perda total de MS durante a ensilagem de 19,3 para 15,3% e aumentou o teor de ácido acético de 1,0 para 3,3% MS, comparativamente à silagem controle.

A associação de aditivos no processo de ensilagem tem sido foco de diversos estudos, na tentativa de se conseguir eficiência durante todas as fases do processo fermentativo. Alguns estudos foram desenvolvidos com a associação de aditivos microbianos, de aditivos químicos e também de ambos. De acordo com Ribeiro et al. (2005), o interesse por associação de grupos distintos de microrganismos pauta-se na melhoria do processo, pelo desempenho de bactérias que atuam no início e outras no final da fermentação.

A associação de aditivos químicos com microbianos foi avaliada por Siqueira et al. (2007a). Os autores verificaram que os melhores resultados deram-se na associação dos aditivos químicos com *L. buchneri*, no que se referiu à recuperação de MS durante a ensilagem e estabilidade aeróbia.

Roth et al. (2007) também verificaram que a associação de cal virgem com o inoculante *L. buchneri* apresentou os melhores resultados no controle da perda fermentativa do processo de ensilagem da cana-de-açúcar, com redução da perda por gases e efluente, além de melhor recuperação de MS (76,5% MS) do processo.

## 2.4 Estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar

De acordo com Schmidt (2006), a perda de componentes nutritivos após a abertura dos silos é, também, fator determinante do valor nutritivo das silagens. O autor completa, que a exposição da silagem ao oxigênio, tanto no painel do silo, quanto no cocho ao fornecer aos animais é inevitável, permitindo o crescimento de microrganismos aeróbios que causem deterioração da forragem. Por isso, além de contribuírem para a redução de perdas oriundas do processo de ensilagem, os aditivos têm sido preconizados para aumentar a estabilidade aeróbia de silagens.

Segundo Driehuis; Oude Elferink e Spoelstra (1999) o processo de deterioração aeróbia é iniciado por leveduras ácido-tolerantes e, em silagem de milho, ocasionalmente por bactérias produtoras de ácido acético. Este ácido é, de acordo com Filya; Sucu e Karabulut (2006), o principal fator determinante da melhoria da estabilidade aeróbia de silagens. As leveduras causam elevação do pH ao oxidarem os ácidos orgânicos, principalmente, ácido lático. Depois disso, com a elevação do pH, outros microrganismos se proliferam, resultando em perdas de valor nutritivo e, em alguns casos, ao comprometimento da qualidade higiênica, com proliferação de microrganismos ou produção de compostos patogênicos.

São várias as formas de se determinar a estabilidade aeróbia de silagens, sendo uma das mais utilizadas a descrita por Ranjit e Kung Junior (2000). Os autores consideram o final da estabilidade aeróbia como sendo o momento em que a temperatura da massa exposta ao ar excede a temperatura do ambiente em 2°C. Outros parâmetros avaliados durante todo o ensaio foram definidas por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001), como: número de horas para elevação da temperatura em 2°C; número de horas para a massa atingir a temperatura máxima; temperatura máxima atingida pela massa; acúmulo térmico de 5 e 10 dias, da diferença média diária entre a temperatura das forragens ou rações e a temperatura ambiente; pH máximo alcançado; número de dias para se atingir o pH máximo; perda de MS de 0 a 5 e 0 a 10 dias de exposição aeróbia.

Ranjit; Taylor e Kung Junior (2002) testaram doses de inoculação de *L. buchneri* em silagens de milho, além da silagem controle. Os autores verificaram que houve

melhoria na estabilidade aeróbia das silagens, conforme incremento das doses de microrganismo de nula,  $1,0 \times 10^5$ ;  $2,5 \times 10^5$ ;  $5,0 \times 10^5$  e  $10^6$  ufc/g MV, com respectivamente, 38; 53; 68 horas e nas duas maiores doses estabilidade aeróbia superiores a 572 horas.

O efeito da inoculação com LB sobre o teor de ácido acético, e este sendo fator de alteração da estabilidade aeróbia, foi comprovado por Danner et al. (2003). Estudando silagens de milho inoculadas com *L. buchneri*, os autores verificaram que o teor de ácido acético nas silagens inoculadas foi maior que na silagem de milho controle (5,55 vs. 1,64% MS). Dessa forma, houve melhora na estabilidade aeróbia de 40 para 274 horas, mensurada até quando a temperatura da massa de forragem atingiu 2°C acima da temperatura de controle do ambiente.

Ranjit e Kung Junior (2000) determinaram que o teor de ácido acético foi somente maior que o observado na silagem controle (1,82 % MS), quando a inoculação foi superior a  $10^6$  ufc/g MV, alcançando níveis de 3,60% de ácido acético em relação à MS. Todavia, a estabilidade aeróbia ainda na dose menor de inoculação ( $10^5$  ufc/g MV) diferenciou-se do tratamento controle em 10 horas, sendo que na dose mais alta o LB foi capaz de promover estabilidade superior a 900 horas para a silagem de milho.

Ao avaliar a inoculação de silagens de milho com *L. buchneri* em colheitas de duas safras, Kleinschmit; Schmidt e Kung Junior (2005) verificaram que, nos dois anos, a inoculação foi efetiva em melhorar a estabilidade aeróbia. No primeiro ano, a silagem controle mostrou-se estável durante 39 horas, enquanto que a silagem tratada ficou por 139 horas. No segundo ano, a silagem controle apresentou estabilidade aeróbia de 73 horas e na silagem inoculada isso ocorreu por mais de 210 horas.

Da mesma maneira, em silagens de azevém perene Driehuis; Oude Elferink e Van Wikselaar (2001) observaram a efetividade da inoculação com *L. buchneri* sobre a estabilidade aeróbia. Os autores observaram que as duas doses de inoculação estudadas ( $1 \times 10^5$  e  $3 \times 10^5$  ufc/g MV) foram melhores que a silagem controle, em termos de estabilidade aeróbia. O teor de ácido acético foi de 3,17% MS na silagem controle e chegou a 5,10% MS na silagem inoculada; as contagens de leveduras e fungos foram maiores na selvagem controle que na inoculada e o tempo para se atingir

a quebra da estabilidade foi de 183 horas para a silagem controle e demorou mais de 480 horas para as duas doses de inoculação com *L. buchneri*.

Conforme relato de Schmidt (2006), silagens de cana-de-açúcar são bastante propensas à deterioração aeróbia por apresentarem teor elevado de carboidratos solúveis em água residuais após a fermentação no silo.

Pedroso (2003) verificou que a silagem de cana-de-açúcar sem aditivo permaneceu, em média, 48 horas para atingir 2°C acima da temperatura do ambiente. As silagens aditivadas com *L. buchneri* e benzoato de sódio, permaneceram 78 e 72 horas, respectivamente, para atingirem a instabilidade, enquanto que a inoculação com *L. plantarum* piorou a estabilidade e a forragem atingiu 2°C acima da temperatura do ambiente em apenas 30 horas. Da mesma forma, o somatório da diferença entre a temperatura da massa de forragem e do ambiente durante cinco dias de exposição aeróbia, foi menor para o tratamento LB, atingindo apenas 25°C. Isso demonstra que ocorreu pequena variação da temperatura da massa, diferentemente dos demais tratamentos que apresentaram diferenças maiores que 36°C.

Siqueira et al. (2007a) verificaram que, em silagem de cana-de-açúcar, a inoculação com LB atingiu 54 horas em estabilidade aeróbia e não diferiu da inoculação com *Pediococcus acidipropionici* (50 horas). Todavia, a silagem controle apresentou estabilidade aeróbia de 34 horas, diferindo dos demais tratamentos aditivados. Em outro experimento, porém, dessa vez testando a cana-de-açúcar ensilada após a queima, Siqueira (2005) não verificou alteração da estabilidade aeróbia das silagens inoculadas com LB, comparativamente à silagem controle. Segundo o autor, uma alteração do quadro microbiológico se instalou, sendo que alguns produtos da fermentação passaram a ser substratos e microrganismos outrora latentes, começaram a se desenvolver. Essa observação é corroborada pelo estudo de Miyazaki et al. (2006) que verificaram o aumento da população de leveduras em cana-de-açúcar mantida em aerobiose, passando de 1,9 log ufc/g MV no tempo inicial e elevando-se para 2,5 log ufc/g MV com apenas 24 horas de exposição aeróbia.

Com relação ao pH, após cinco dias em ambiente aeróbio, Siqueira et al. (2007a) verificaram que a silagem controle apresentava pH 6,0, enquanto a silagem tratada com LB o pH observado foi 4,4. Além disso, a variação do pH no momento da abertura dos

silos e após cinco dias foi maior para a silagem controle (2,0) que para a silagem inoculada (0,4), mostrando-se, dessa forma, mais estável que a primeira.

Ao avaliar a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar e rações contendo esses volumosos, Toledo Filho et al. (2004) verificaram que o uso de LB foi capaz de aumentar a estabilidade aeróbia de rações contendo silagem de cana-de-açúcar inoculada com esse microrganismo. O período inicial para a perda da estabilidade na ração contendo silagem controle foi de 24 horas, enquanto que a silagem inoculada com LB apresentou quebra na estabilidade somente após 96 horas.

Queiroz (2006) avaliou a inoculação da cana-de-açúcar com LB e não verificou diferença no tempo de estabilidade aeróbia em relação ao controle, permanecendo, inclusive por tempo menor (48 h vs. 38 horas). Para o autor, os melhores resultados do *L. buchneri* não são justificados pela dinâmica fermentativa das silagens e sim pela fase aeróbia.

Santos (2007) observou que os menores acúmulos térmicos de temperatura (ADITE-5) em silagens de cana-de-açúcar foram observados para o tratamento cal virgem, tanto na dose de 1,0%, quanto na de 1,5% em relação à MV. Esse acúmulo foi de apenas 4,3°C para esses tratamentos, enquanto que, para os tratamentos controle e LB, o acúmulo passou de 500°C. Da mesma forma, o tempo para a perda da estabilidade aeróbia foi de 131 horas para a silagem aditivada com 1,0% de cal virgem; chegou a 240 horas para a aditivada com 1,5% desse agente alcalinizante e para as silagens controle e LB, foram de 40 e 35 horas, respectivamente.

## **2.5 Desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar na forma fresca ou ensilada**

Antigamente a cana-de-açúcar era considerada como opção de volumoso que resultava em queda de desempenho dos animais alimentados com essa fonte. Isso dava-se, especialmente, por conta dos estudos que focavam na substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar fornecida na forma de capineira. Todavia, essa simples substituição, sem o balanceamento das rações, marginalizou essa fonte de volumoso por conta dos desempenhos insatisfatórios dos animais.

Hoje em dia, com o aumento no conhecimento da nutrição de ruminantes e uso de programas confiáveis de formulação de rações é sabido que, o desempenho de bovinos que recebam cana-de-açúcar como volumoso, pode se equiparar ao desempenho de rações contendo outras fontes de volumosos, desde que, corretamente balanceadas.

Apesar desse conhecimento geral de que o desempenho dos animais pode ser satisfatório quando a cana-de-açúcar é fornecida fresca e corrigida quanto aos baixos teores de proteína e minerais, ainda são escassos os estudos que determinam e avaliam a ingestão e o desempenho de animais que recebam silagem de cana-de-açúcar como fonte de volumoso.

Em se tratando da cana-de-açúcar fresca e picada, a adição de 0,5 a 1,0% da mistura uréia e sulfato de amônio (9:1) à forragem, juntamente com o fornecimento suplementar de farelos, como fonte de proteína e carboidratos de menor solubilidade, tornou-se uma técnica bastante difundida e permite a obtenção de resultados satisfatórios de IMS e ganho de peso. Hernandez (1998) observou valores de ganho de peso variando entre 1,53 e 1,81 kg/dia, para bovinos de corte alimentados com rações contendo cana-de-açúcar como volumoso único (48% da MS), suplementados com misturas concentradas compostas por milho, farelo de soja, uréia e minerais. Nessas rações a digestibilidade da matéria orgânica variou entre 67 e 72%.

O uso da cana-de-açúcar *in natura* foi avaliado por Rodrigues et al. (2002) em novilhas Canchim com 12 meses de idade e 219 kg de peso vivo inicial. Foram avaliadas quatro variedades de cana-de-açúcar: IAC 86-2480, IAC 87-3184, RB 72-454 e RB 83-5486. As novilhas foram alimentadas com 1,3 kg de concentrado por animal por dia, sendo que o concentrado continha: farelo de soja, uréia, sulfato de amônio, calcário calcítico e sal mineral. O maior ganho foi observado para a variedade IAC 86-2480 com 0,89 kg/dia, o pior desempenho foi obtido pela variedade IAC 87-3184 com 0,65 kg/dia e as outras variedades apresentaram ganhos de peso intermediários.

Henrique et al. (2007) avaliaram o ganho de peso de tourinhos Canchim ou Nelore que receberam cana-de-açúcar, na proporção de 40 ou 60% da MS das rações. Os animais ingeriram quantidades de MS semelhantes entre os tratamentos com 40 ou 60% de cana-de-açúcar, com IMS de 8,21 e 7,66 kg MS/dia. Os animais que receberam

maior quantidade de concentrado nas rações ganharam mais peso (1,44 kg/dia), enquanto aqueles que receberam mais volumoso (60%) obtiveram ganho de peso médio de 0,98 kg/dia.

Fernandes et al. (2006) formularam rações contendo 40% cana-de-açúcar fresca para ganhos de peso diários de 1,3 kg e verificaram que foi possível atingir desempenhos elevados quando bovinos receberam rações contendo cana-de-açúcar como volumoso. Os animais nesse experimento obtiveram ganhos de peso de 1,42 kg/dia.

Estudando a cana-de-açúcar ofertada fresca ou tratada com cal virgem, Moraes et al. (2006) verificaram que o tratamento não foi efetivo em melhorar o desempenho dos animais em nenhum dos níveis de suplementação de concentrados testados: 0, 0,5 ou 1,0% do PV. O que diferenciou nesse estudo foram os níveis de concentrados fornecidos.

São raros, ainda, os trabalhos de pesquisa em que foi avaliada a ingestão e o desempenho de animais alimentados com silagem de cana-de-açúcar. Todavia, a comparação de fontes de volumosos, sendo uma delas a silagem de cana-de-açúcar, é menos recente, sendo que alguns trabalhos foram importantes na década passada. Valvasori et al. (1998a) e Valvasori et al. (1998b), estudaram o desempenho de bezerros e a produção de vacas leiteiras, respectivamente. Não foi observado efeito sobre a ingestão de MS e PB em ambos experimentos, entretanto, o ganho de peso dos bezerros que receberam silagem de cana-de-açúcar em substituição à de sorgo foi 37% maior e a produção das vacas em lactação foi 9% menor.

Da mesma maneira, Queiroz et al. (2008) avaliaram a substituição de fontes tradicionais de volumosos para a alimentação de vacas leiteiras. Os tratamentos consistiram em rações formuladas contendo como volumosos: silagem de milho, silagem de cana-de-açúcar, cana-de-açúcar *in natura* e silagem de milho associada a cana-de-açúcar *in natura* (50%/50%). Os autores não verificaram efeito algum das fontes de volumosos e produção média próxima de 25 kg de leite/dia foi alcançada.

Talvez os primeiros estudos avaliando desempenho de bovinos recebendo silagem de cana-de-açúcar tenham sido publicados na década de 70 por Silvestre; MacLeod e Preston (1976) e Alvarez; Priego e Preston (1977). Nesses estudos os



autores avaliaram o desempenho de bovinos alimentados com rações que continham silagens de cana-de-açúcar tratadas com uréia ou amônia, além da cana-de-açúcar fresca e picada. Eles constataram que a ingestão de silagens que receberam 1,0% de uréia foi 39% superior ao da silagem controle e semelhante ao da cana-de-açúcar fresca e picada. Em animais alimentados com silagem aditivada com 2,0% de melaço, o ganho de peso foi 16% superior e a conversão alimentar 17% inferior, quando comparados ao tratamento recebendo cana-de-açúcar fresca.

Alcántara et al. (1989), ao estudar o efeito da adição de 3% de NaOH na massa verde de cana-de-açúcar no momento da ensilagem, observaram maior fluxo total de nitrogênio e maior eficiência na síntese de proteína microbiana no rúmen dos animais alimentados com a silagem tratada. Isso possibilitou ingestão e digestibilidade da MS maiores do que os obtidos com silagem de cana-de-açúcar exclusiva. Os desempenhos foram semelhantes aos obtidos no tratamento contendo cana-de-açúcar fresca.

Pedroso et al. (2006) avaliaram o desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com 46% de silagem de cana-de-açúcar como volumoso das rações nos tratamentos controle, 0,5% de uréia na MV, 0,1% de benzoato de sódio na MV e inoculação de *L. buchneri*, na dose de  $3,64 \times 10^5$  UFC/g MV. O menor ganho de peso observado ocorreu no grupo que recebeu silagem controle (0,94 kg/dia). O maior ganho foi obtido no grupo que recebeu ração contendo silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* (1,24 kg/dia). O tratamento do grupo que recebeu silagem com uréia não diferiu do desempenho alcançado pelo grupo controle (1,03 kg/dia), enquanto o grupo que recebeu silagem contendo benzoato de sódio apresentou desempenho intermediário, sem diferir dos demais tratamentos. As IMS entre os tratamentos foram semelhantes, todavia, as conversões alimentares foram melhores para os tratamentos contendo silagens com benzoato de sódio e LB.

Em outro experimento, Junqueira (2006) avaliou o desempenho de novilhas Holandesas que receberam 45% de volumoso, sendo esse alterado em três tratamentos de silagens de cana-de-açúcar. Os tratamentos consistiram de 0,5 e 1,0% de uréia na MV e a inoculação de *L. buchneri*, na dosagem de  $5 \times 10^4$  UFC/g MV. Entretanto, o ganho de peso (1,06 kg/dia), a conversão alimentar (8,2 kg MS ingerida/kg ganho de peso) e a IMS (8,43 kg MS/dia) não diferiram entre os tratamentos.

Ao avaliar o efeito de dois níveis de inclusão de *L. buchneri* ( $5 \times 10^4$  – dose baixa e  $1 \times 10^5$  ufc/g forragem – dose alta) e a adição de enzima fibrolítica à silagem de cana-de-açúcar, Schmidt (2006) verificou efeito positivo da inoculação sobre a ingestão e ganho de peso de bovinos Nelore em confinamento. Embora não tenha havido efeito da dose de inoculante, a média das doses alta e baixa propiciou aumento de 13,6% na IMS e 22,4% no GPD em relação à silagem sem inoculante.

Schmidt et al. (2006) avaliaram o desempenho de novilhas da raça Bonsmara recebendo rações cujo volumoso foi a silagem de cana-de-açúcar tratada com cal virgem, na dose de 1% da MV. Embora tenham testado duas variedades de cana-de-açúcar, os autores não verificaram esse efeito sobre o desempenho, com IMS média de 8,4 kg MS/dia e 1,35 kg de ganho/dia.

## Referências

- ALCÁNTARA, E., AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA, A. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 323-331, 1989.
- ALLI, I.; BAKER, B.E. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 7, p. 411-417, 1982.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 291-299, 1983.
- ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 98-104, 1976.
- ALVAREZ, F.J.; PRIEGO, A; PRESTON, T.R. Animal performance on ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 2, n. 1, p. 27-33, 1977.
- AMARAL, R.C do. **Avaliação de aditivos químicos sobre as perdas e valor alimentício das silagens de cana-de-açúcar para ovinos**. 2007. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ANDRADE, J.B. de; FERRARI JÚNIOR, E.; POSSENTI, R.A.; OTSUK, I.P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M.G. de A. Composição química de genótipos de cana-de-açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 341-349, 2004.

AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S.; QUEIROZ, A.C.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDEZ, A.M.; RENNÓ, F.P. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1431-1442, 2003.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, M. de T.P.; ROTH, A.P. de T.P. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio antes e depois da ensilagem e com 3, 6 e 9 dias após abertura do silo. In: REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 19., 2005a. Tampico. **Anais...** Tampico: ALPA, 2005. 1 CD-ROM

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, M. de T.P.; ROTH, A.P. de T.P. Perdas na ensilagem de cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005b. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD-ROM

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; NOGUEIRA, J.R.; ROTH, M. de T.P.; ROTH, A.P. de T.P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, 2007.

BANDA, M.; VALDEZ, R.E. Effect of stage of maturity on nutritive value of sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, n. 2, p. 94-97, 1976.

BERGER, L.L.; FAHEY, G.C.; BOURQUIN, L.D.; TITGEMEYER, E.C. Modification of forage after harvest. In: FAHEY, D.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society, Soil Science Society, 1994. p. 922-966.

BERNARDES, T.F.; SILVEIRA, R.N.; COAN, R.M.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM

BEVAN, D.; BOND, J. Microorganisms in field and mill: a preliminary survey. In: QUEESLAND SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 38., 1971. Cairns. **Proceedings...** Brisbane: Watson Ferguson, 1971. p. 137-143.

BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: PEIXOTO, A.M.; FARIA, V.P. de; MOURA, J.C. de (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993. Piracicaba. Cana-de-açúcar e seus subprodutos para bovinos. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 107-126.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R.; URBAN, J.E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 3066-3083, 1992.

BRITT, D.G.; HUBER, J.T.; ROGERS, A.L. Fungal growth and acid production during fermentation of organic acid treated corn silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 58, p. 532-539, 1975.

CARVALHO, G.J. **Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas do ano.** 1992. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1992.

CASTRILLÓN, M.V.; SHIMADA, A.S.; CALDERÓN, F.M. Manipulación de la fermentación en ensilajes de caña de azúcar y su valor alimenticio para borregos. **Técnica Pecuaria en México**, Mérida, v. 35, p. 48-55, 1978.

CAVALI, J.; PEREIRA, O.G.; SOUSA, L.O. de; PENTEADO, D.C.S.; CARVALHO, I.P.C. de; SANTOS, E.M.; CEZÁRIO, A. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

CHALUPA, W.; EVANS, J.L.; STILLIONS, M.C. Influence of ethanol on rumen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 23, p. 802-807, 1964.

COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MORENO, T.T.B.; MOREIRA, A.L. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 1, p. 562-567, 2003.

DA SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. Cana-de-açúcar e uréia na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2000. Goiânia. **Anais...** Goiânia: CBNA, 2000. p. 107-120.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S. de; MOTA, D.A.; SIQUEIRA, G.R.; SANTOS, J. dos; TEIXEIRA JÚNIOR, D.J. Parâmetros bromatológicos da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de cal virgem (CaO) microprocessada em diferentes tempos de exposição ao ar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOESLTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensiling of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 87, p. 583-594, 1999.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, p. 330-343, 2001.

EZEQUIEL, J.M.B.; QUEIROZ, M.A.A.; MENDES, A.R. NASCIMENTO FILHO, V. F. do; GALATI, R.L.; FEITOSA, J.V. Taxa de passagem, consumo e digestibilidade da fibra da cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada em bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/SBZ, 2003. 1 CD-ROM

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C. de; PEREIRA, J.C.; LANA, R. de P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M. da; DETMANN, E.; CABRAL, L. da S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERNANDES, A.R.M.; SAMPAIO, A.A.M.; HENRIQUE, W.; TULLIO, R.R.; PERECIN, D.; OLIVEIRA, E.A. de; VILELA, H.L.F.; FAZOLO, B.; RIBEIRO, G.M.; SILVA, T.M. da. Eficiência produtiva e características qualitativas da carne de bovinos jovens terminados em confinamento - 1. Consumo de nutrientes e desempenho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 101, p. 1216-1223, 2006

FREITAS, A.W. de P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F. de P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 38-47, 2006.

GALLO, C.R.; CANHOS, V.P. Contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica – Revisão. **Stab: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 9, n. 5, p. 35-40, 1991.

GONZÁLES, E.; MacLEOD, N.A. Spontaneous fermentation of sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 80-84, 1976.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; OLIVEIRA, E.A. DE; FERNANDES, A.R.M.; OLIVERIA, R.V. DE; PIVARO, T. Consumo de nutrientes e desempenho de tourinhos Canchim e Nelore terminados em confinamento e alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

HERNANDEZ, M.R. **Avaliação de variedades de cana-de-açúcar através de estudos de desempenho e digestibilidade aparente com bovinos**. 1998. 78 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1998.

HUBER, J.T.; FOLDAGER, J.; SMITH, N.E. Nitrogen distribution in corn silage treated with varying levels of ammonia. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 48, n. 6, p. 1509-1515, 1979.

HUBER, J.T.; SMITH, N.E.; STILES, J. Influence of time after ensiling on distribution of nitrogen in corn silage treated with ammonia. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 51, n. 6, p. 1387-1392, 1980.

JACKSON, M.G. Review article: The alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 105-130, 1977.

JAMES, L.A. Sugar cane for livestock. **World Crops**, London, v. 27, p. 155, 1975.

JOHNSON, R.R.; McCLURE, K.E.; KLOSTERMAN, E.W.; JOHNSON, L.J. Corn plant maturity. III. Distribution of nitrogen in corn silage treated with limestone, urea and diammonium phosphate. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 26, n. 1, p. 394-399, 1967.

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG JUNIOR, L. A meta-analysis of the effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.

KLEINSCHMIT, D.H.; SCHMIDT, R.J.; KUNG JUNIOR, L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 88, n. 6, p. 2130-2139, 2005.

KLOSTERMAN, E.W.; JOHNSON, R.R.; SCOTT, H.W.; MOXON, A.L.; STAVERN, J.V. Whole plant and ground ear corn silages, their acid content, feeding value and digestibility. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 19, n. 2, p. 522-532, 1960.

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**, Savoy, v. 84, p. 1149-1155, 2001.

KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 54, p. 689-695, 1982.

LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A. de A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P. **A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36 p. (Boletim Técnico, 193)

LIN, C.; BOLSEN, K.K.; BRENT, B.E.; HART, R.A.; DICKERSON, J.T.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R. Epiphytic microflora on alfalfa and whole-plant corn. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, n. 9, p. 2484-2493, 1992.

LOVADINI, L.A.C.; MORAES, C.L.; PARANHOS, S.B. Levantamento sobre a composição química bromatológica de trinta e nove variedades de cana-de-açúcar. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 24, p. 189-198, 1967.

LUCCI, C. de S.; VALVASORI, E.; LOPES, R.; CAPEZZUTO, A.; FONTOLAN, V.; BUFFARAH, G. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) *in natura* ou ensilada adicionadas ou não de uréia, em dietas para ruminantes. Digestibilidade aparente. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 60, n. 1, p. 47-53, 2003.

MATSUOCA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-35.

MATTOS, W.R.S. **Cana-de-açúcar: recurso forrageiro do passado, presente e futuro**. 2003. 103 p. Tese (Livre-docência) – 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**. 2<sup>nd</sup> ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.

MIYAZAKI, M.K.; MELO, G.M.P. de; COAN, R.M.; GARCIA, G.R.; ROTH, A.P. de T.P.; REIS, R.A. Características químicas e dinâmica de fungos e leveduras na cana-de-açúcar tratada com NaOH. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; CASTRO NETO, A.G.; RODRIGUES, N.M. Padrão da fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM

MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; DETMANN, E.; BRITO, A.F. de; NALON, P.M.; SOLÉRO, B.P.; COOKE, S.V.; PEREIRA, D.H. Desempenho de novilhas mestiças recebendo dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S. de; DOMINGUES, F.N.; SANTOS, J. dos; LOPES, A.D.; MANZI, G.M. Avaliação da composição bromatológica da cana-de-açúcar *in natura* submetida ou não a hidrólise com diferentes tipos de cal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

MURARO, G.B.; ROSSI JÚNIOR, P.; SCHOGOR, A.L.B. Efeito do espaçamento de plantio e idade de corte na composição bromatológica de cana-de-açúcar variedade RB 72-454. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

NISHINO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 94, p. 800-807, 2003.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p. 1-33.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 5., 2005. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 193-218.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A.L.B.; MARI, L.J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006. Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p. 277-328.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 794-795.



OLIVEIRA, M.D.S. de; SAMPAIO, A.A.M.; CASAGRANDE, A.A.; NEVES, D.F.; VIEIRA, P.F. Estudo da composição químico-bromatológica de algumas variedades de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. v. 2, p. 314-316.

OLIVEIRA, B.S.Y.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F.; ISEPON, O.J.; BASTOS, J.F.P. Desempenho de bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumosos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 1234-1235.

OLIVEIRA, M.W.; MENDES, L.C.; MARQUES, W.P.; ROZANE, D.E.; SILVEIRA, L.C.I.; ALBINO, G.D. Adição de hidróxido de cálcio à silagem de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 9., 2004. Brasília. **Anais...** Brasília: ZOOTEC, 2004. 1 CD-ROM

OLIVEIRA, M.D.S. de; SHINODA, J.; BODRICK, R.; SANTOS, J. dos; LOPES, A.D.; SILVA, T.M. da; OLIVEIRA, I.S. de; MOTA, D.A.; BRITO, D.R.B. Efeito da hidrólise com a cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006a. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

OLIVEIRA, M.D.S. de; SHINODA, J.; BODRICK, R.; SANTOS, J. dos; LOPES, A.D.; SILVA, T.M. da; OLIVEIRA, I.S. de; MOTA, D.A.; BRITO, D.R.B. Efeito da hidrólise com a cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006b. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F. Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, 1999. Rome. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders. **Proceedings...** Rome: FAO, 2000. p.17-30.

OWENS, F.N.; MEISKE, J.C.; GOODRICH, R.D. Effects of calcium sources and urea on corn silage fermentation. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 52, n. 11, p. 1817-1822, 1969.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. chap. 2, p. 31-93.

PASCOAL, L.A.F.; RESENDE, A.A.S.; OLSZEWSKI, N.; GONÇALVES, J. de S.; BEZERRA, A.P.A.; SILVA, J.V. da. Composição químico-bromatológica de silagens de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão do farelo de babaçu. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

- PEDROSO, A. de F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- PEDROSO, A. de F. ; NUSSIO, L. G. ; PAZIANI, S. de F. ; LOURES, D. R. S. ; IGARASI, M. S. ; MARI, L. J. ; COELHO, R. M. ; RIBEIRO, J. L. ; ZOPOLLATTO, M. ; HORII, J. Bacterial inoculants and chemical additives to improve fermentation in sugar cane (*Saccharum officinarum*) silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002. Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: SAC, 2002. p. 66-67.
- PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. de F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.U; HORII, J.; GOMES, L.H. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 427-432, 2005.
- PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JÚNIOR, W.; RODRIGUES, A. de A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S. de 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.
- PEDROSO, A. de F.; RODRIGUES, A. de A.; BARIONI JÚNIOR, W.; SOUZA, G.B. de. Características da fermentação e perdas gasosas em silagem de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM
- PRESTON, T.R.; WILLIS, M.R. **Intensive beef production**. Oxford: Pergamon Press, 1974. 567 p.
- PRESTON, T.R.; HIJINOSA, C.; MARTINEZ, L. Ensiling of sugar cane with ammonia molasses and mineral acids. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 120-126, 1976.
- QUEIROZ, O.M.C. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 358-365, 2008.

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservation on fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 526-535, 2000.

RANJIT, N.K.; TAYLOR, C.C.; KUNG JUNIOR, L. Effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 57, p. 73-81, 2002.

RIBEIRO, J.L.; QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G. Desenvolvimento de aditivos microbianos para ensilagem: Realidade e perspectivas. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.N.A.; OLIVEIRA, A.P.; MELO, G.N.P. de; BERNARDES, T.F. (Ed.). **Volúmosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2005. p. 1-24.

RODRIGUES, A. de A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R; LANDELL, M.G. de A. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 1111-1113.

RODRIGUES, A. de A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R; LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P. Efeito da qualidade de quatro variedades de cana-de-açúcar no ganho de peso de novilhas Canchim. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM

ROTH, M. de T.P.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.B.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V. ROTH, A.P. de T.P; AMARAL, R.C do. Ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratada com doses de uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD-ROM

ROTH, A.P. de T.P.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; MONTEIRO, R.R.; RESENDE, F.D. de; SIGNORETTI, R.D.; MIGUEL, F.G.; MAGARIO, F.B. Cana-de-açúcar ensilada com aditivos em diferentes tempos após a queima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM

ROTH, M. de T.P.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; RESENDE, F.D. de; ROTH, A.P. de T.P.; MONTEIRO, R.R.; DOMINGUES, F.N. *Lactobacillus buchneri*, cal microprocessada e sua associação na ensilagem de cana-de-açúcar crua ou queimada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

SALAS, M.; AUMONT, G.; BIESSY, G.; MAGNIE, E. Effect of variety, stage of maturity and nitrate fertilization on nutritive value of sugar canes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 39, p. 265-277, 1992.

- SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; ZOPOLLATTO, M.; QUEIROZ, O.C.M.; TOLEDO FILHO, S.G. de. Perfil fermentativo de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 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. 228 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; OLIVEIRA, J.E. de; SANTOS, M.C.; MOURÃO, G.B.; QUEIROZ, O.C.M.; SARTURI, J.O.; ZOPOLLATTO, M. Desempenho de novilhas de corte alimentadas com rações contendo silagens de cana-de-açúcar de duas variedades, aditivadas com cal virgem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM
- SILVA, R.A.; CACERE, E.R.; DIAS, A.C. da S.; RIBEIRO, B.B.; SOUZA, A.R.D.L.; VASCONCELOS, P.C.; MORAIS, M. da G.; FRANCO, G.L. Efeito da adição da cal hidratada na cana-de-açúcar picada sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM
- SILVESTRE, R.; MacLEOD, N.A; PRESTON, T.R. The performance of steers fed fresh chopped whole sugarcane or after ensiling with urea or ammonia. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 1, p. 216-222, 1976.
- SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.
- SIQUEIRA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; AMARAL, R.C. do; PIRES, A.; ROTH, M. de T.P. Interações entre inoculantes microbianos e aditivos químicos na fermentação e na estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C. do. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007a.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; ROTH, A.P. de T.P.; MONTEIRO, R.R.; ROTH, M. de T.P. Perfil de fermentação de silagens de cana-de-açúcar crua ou queimada e tratada ou não com *L. buchneri* (Cepa NCIMB 40788). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007b. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

SOUSA, D. de P.; MATTOS, W.R.S.; NUSSIO, L.G.; MARI, L.J.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; QUEIROZ, O.C.M.; JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.S.; TOLEDO FILHO, S.G. de; FIGUEIRÓ, R.N. Avaliação das perdas por efluentes e gases em silagens de cana-de-açúcar aditivadas com inoculantes químicos e bacterianos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD-ROM

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.K.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

TOLEDO FILHO, S.G.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; SOUSA, D. de P.; QUEIROZ, O.M. Estabilidade aeróbia de rações contendo silagens de cana-de-açúcar inoculadas com *Lactobacillus buchneri* 40788 e ingredientes concentrados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM

VALVASORI, E.; LUCCI, C. de S.; PIRES, F.L.; ARCARO, J.R.P.; ARCARO JÚNIOR, I. Desempenho de bezerros recebendo silagens de sorgo ou cana-de-açúcar como únicos alimentos volumosos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 229-232, 1998a.

VALVASORI, E.; LUCCI, C. de S.; PIRES, F.L.; ARCARO, J.R.P.; ARCARO JÚNIOR, I. Silagens de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 139-142, 1998b.

VAN SOEST, P.J. Lignin. In: VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. chap. 12, p. 177-195.

VIEIRA, F.A.P.; VALLE, C.A.; BORGES, I.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; COELHO, S.G.; BORGES, A.L.C.C.; FARIA, M.B. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. 1. Frações fibrosas e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 372-373.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 6, p. 764-772, 2004.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; AZRIELE, A.; SZAKACS, G.; FILYA, I. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, Berlin, v. 28, p. 7-11, 2002.

WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, p. 1802-1811, 1993.



### 3 DESEMPENHO DE TOURINHOS NELORE EM CONFINAMENTO RECEBENDO RAÇÕES CONTENDO CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) FRESCA OU ENSILADA

#### Resumo

Esse estudo teve como objetivos avaliar a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizada na ração de bovinos nas formas *in natura* ou ensilada com ou sem o inoculante microbiano *Lactobacillus buchneri* sobre as variáveis de composição química, ingestão de matéria seca, desempenho e comportamento dos animais, além da estabilidade aeróbia das fontes de volumosos e da ração. Os tratamentos aplicados à forragem foram: a cana-de-açúcar ensilada sem aditivo (CT), a cana-de-açúcar ensilada com *L. buchneri* na dose de  $5 \times 10^4$  ufc/g MV (LB) e a cana-de-açúcar fresca e picada (FR). Tanto a cana-de-açúcar ensilada quanto a *in natura* foram colhidas no mesmo talhão e provenientes do terceiro corte da variedade RB 72-454. Foram utilizados 63 tourinhos da raça Nelore com 18 meses de idade média e 415 kg de peso divididos nos três tratamentos, com seis repetições em 18 baias coletivas. Os animais receberam ração contendo 40% de volumoso. As estimativas de composição bromatológica e DVIVMS dos volumosos, rações e sobras de ração foram estimadas pelo NIR. Foi avaliada a ingestão de matéria seca, ganho de peso médio diário e eficiência alimentar. As médias foram calculadas pelo LS MEANS, a comparação das médias deu-se com 5% de significância e os procedimentos utilizados foram o GLM e o Mixed do SAS (2002), para o qual foram testadas matrizes de estrutura de covariância. As silagens de cana-de-açúcar apresentaram teores de PB e frações fibrosas maiores que a cana-de-açúcar *in natura*, o que resultou em menor coeficiente de DVIVMS para as silagens LB (50,63%) e CT (47,23%) que para a cana-de-açúcar fresca (59,58%). A inoculação com LB promoveu maior perda no processo de retirada das silagens, todavia, diminuiu o teor de etanol na silagem inoculada. Com relação à avaliação da estabilidade aeróbia o tratamento contendo LB apresentou menores acúmulos de temperatura (ADITE-5 e ADITE-10) que a cana-de-açúcar *in natura*, bem como as menores perdas de MS ocorridas na exposição aeróbia, quando perderam 13,55% da MS, enquanto o tratamento CT perdeu 19,55% e o tratamento FR perdeu 27,36%. Os tratamentos a que as forragens foram submetidas não promoveram alteração na IMS e nem mesmo no GPD, que apresentaram valores médios de 8,54 kg/dia e 0,896 kg/dia, respectivamente. As predições conduzidas com auxílio do NRC (1996) demonstraram que o programa subestimou os ganhos de peso em 10% e superestimou a ingestão de MS em 12%. Os animais que receberam ração contendo silagem permaneceram mais tempo em atividades ingestivas que os que receberam ração contendo cana-de-açúcar *in natura*. Não houve diferenças significativas no tocante aos parâmetros de carcaça e abate dos animais. Conclui-se que os animais alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar não apresentaram desempenhos diferentes daqueles que receberam a cana-de-açúcar *in natura*, embora não tenha havido efeito da inoculação com LB em relação à silagem controle. Também pode-se concluir que o NRC subestimou os ganhos e o valor nutritivo dos volumosos, além de superestimar a IMS.



Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Desempenho; Estabilidade aeróbia; *Lactobacillus buchneri*; NRC

## Abstract

### Performance of Nellore beef bulls fed total mixed rations containing either fresh cut or ensiled sugar cane (*Saccharum officinarum* L.)

This study had as objectives to evaluate sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) as roughage source of total mixed rations (fresh cut or ensiled) with or without inoculation of *Lactobacillus buchneri*. They were tested for chemical composition, dry matter intake, animal performance, ingestive behavior and aerobic stability of the forage sources and rations. The treatments were: sugar cane ensiled without inoculation (CT), sugar cane added (LB) by *L. buchneri* ( $5 \times 10^4$  cfu/g forage) and green chopped sugar cane (FR). Either green chopped sugar cane or ensiled sugar canes were harvested in the same field plot, at the third annual regrowth cycle and the variety was RB 72-454. In total, 63 Nellore bulls were used, aging 18-months and with 415 kg of weight. They were allocated to 18 pens divided in three treatments and six replications each. The animals were fed by total mixed rations with 40% of forage. Chemical analyses and IVTDMD were estimated by NIR. The performance parameters were: DM intake, daily gain and feed efficiency. The means were estimated by LS MEANS (5% of significance) and the procedures used were GLM and Mixed (SAS, 2002), testing matrix of covariance structure. Silages showed higher CP and fiber content than green chopped sugar cane, this pattern led to lower IVTDMD in LB (50.63%) and CT (47.23%) sugar cane silages than the green chopped one (59.58%). LB inoculation increased dry matter losses during the feed out trial, although the ethanol yielding was lower in the inoculated silage. Regarding the aerobic stability, LB silages had lower temperature accumulation (ADITE-5 and ADITE-10) than the FR treatment; moreover LB silages had lower dry matter losses during aerobic exposure. The DM losses were: LB – 13.55%, CT – 19.55% and FR – 27.36%. There were no difference in DM intake and daily gain among treatments, averaging 8.54 kg/day and 0.896 kg/day, respectively. The NRC (1996) predictions showed that the program underestimated the daily gain by 10% and overestimated the DM intake by 12%. The animal ingestive behavior was different across the treatments, the silage groups expended more time in ingestive activities compared to green chopped sugar cane group. There were no differences in terms of carcass and slaughtering parameters. In conclusion, the silage groups did not show different performance as compared to FR group, and they were similar each other. The NRC underestimated daily gains and nutritive value of forage sources, as well as overestimated DM intake.

Key words: Aerobic stability; *Lactobacillus buchneri*; NRC; Performance; Sugar cane

### 3.1 Introdução

O Brasil é hoje o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) do mundo. Segundo levantamentos da FAO (2007), os mais de 400 milhões de toneladas colocam o Brasil no topo do ranking mundial, com quase o dobro da produção do segundo colocado.

A cana-de-açúcar é uma cultura amplamente difundida que se baseia na facilidade de cultivo e por ser tradicional. Além disso, ultimamente essa cultura vem se apresentando como opção economicamente competitiva se comparada a outras fontes de volumosos suplementares. Em simulações econômicas de sistemas de produção animal, a cana-de-açúcar tem apresentado resultados que asseguram sua posição consolidada, prevalecendo como uma das opções mais interessantes para minimizar o custo de rações e do produto animal, além de maximizar a projeção de receita líquida das atividades.

Outros fatores como: o desenvolvimento de cultivares específicos para a alimentação animal, flexibilidade de colheita, grande produção por área e o desenvolvimento de técnicas de cultivo e melhoramento devidos ao desenvolvimento do setor sucroalcooleiro, vêm sendo fundamentais para a propagação dessa cultura como alternativa para a produção animal.

Há tempos a cana-de-açúcar é utilizada como recurso forrageiro pelos pecuaristas. Mais recentemente, esse volumoso vem assumindo papel fundamental nos confinamentos para terminação de bovinos de corte. Embora a cana-de-açúcar fornecida *in natura* tenha sua utilização alicerçada quanto a ser uma boa opção de fonte de volumoso para a exploração e produção animal, a utilização da silagem de cana-de-açúcar para o mesmo fim ainda é escassa.

Como sabido, a cana-de-açúcar tem a capacidade de manter o valor nutritivo por longo período de tempo, além disso, o pico de produção e valor nutritivo dessa forragem dá-se justamente no período de escassez de pastagens. Dessa forma, o manejo de corte diário é possível em propriedades com rebanhos de pequeno e médio porte. Entretanto, em rebanhos mais numerosos ou em situações em que haja

necessidade de utilização da área, a prática do corte diário torna-se inviável e uma das alternativas seria a ensilagem da cana-de-açúcar para posterior fornecimento.

A ensilagem da cana-de-açúcar, segundo Nussio e Schmidt (2004), apresenta-se como proposta para minimizar tais problemas, permitindo a colheita de grandes áreas em curto espaço de tempo e na época em que a cultura forrageira apresenta seu melhor valor nutritivo. Isso coincide com o período mais propício aos trabalhos no campo, ou seja, a época seca.

Todavia, apesar da redução da mão-de-obra para o corte diário, a ensilagem representa importante elevação dos custos de produção de matéria seca e nutrientes, se comparada ao manejo convencional (NUSSIO; SCHMIDT, 2004). A decisão pela ensilagem implica na necessidade da consideração de custos advindos de maiores perdas e da introdução de operações mecanizadas, quase sempre indispensáveis ao processo.

A cana-de-açúcar apresenta população epifítica de leveduras considerável, o que pode prejudicar a estabilidade aeróbia da silagem e, principalmente, da cana-de-açúcar *in natura*.

Dessa forma, o foco do estudo do processo fermentativo da cana-de-açúcar tem sido na busca de aditivos que possam ajudar no controle da população de leveduras e, em última análise, a melhorar a estabilidade aeróbia.

Dentre esses aditivos, a bactéria heterolática *Lactobacillus buchneri* foi utilizada com resultados expressivos na silagem de milho. Esses estudos despertaram o interesse desse microrganismo em ser efetivo também na ensilagem da cana-de-açúcar.

Segundo Cunha e Foster (1992), o *L. buchneri* é capaz de produzir altas quantidades de ácido acético, em detrimento do ácido láctico, à partir da glicose. O ácido acético apresenta bom potencial como forma de melhorar a estabilidade aeróbia das silagens, devido ao seu maior poder em inibir o crescimento de leveduras e fungos.

Em estudo pioneiro com silagem de cana-de-açúcar utilizando o LB, Pedroso (2003) verificou que o aditivo contendo *L. buchneri* na dose de  $4 \times 10^5$  ufc/ g MV, foi eficiente em diminuir o teor de etanol das silagens de cana-de-açúcar para teor menor que a metade do verificado na silagem controle (1,90% vs. 4,05% da MS). Essa

redução foi acompanhada de menor contagem de leveduras na silagem inoculada (5,65 vs. 6,49 log ufc/g MV). Não foram encontradas diferenças entre o tratamento controle e LB com relação ao pH (3,65 vs. 3,65), perdas totais (6,82 vs. 5,19%), por gases (6,14 vs. 6,73% MS), por efluentes (6,98 vs. 2,30 kg/t MV) e também no que disse respeito ao coeficiente de DVIVMS (46,6 vs. 46,0%).

Schmidt (2006) também testou a inoculação de *L. buchneri* em silagens de cana-de-açúcar, porém confeccionadas em silos do tipo *bag* e verificou que o microrganismo foi eficiente em promover a redução do teor de etanol, tanto na dose alta ( $10^5$  ufc/g MV), quanto na dose baixa ( $5 \times 10^4$  ufc/g MV). Entretanto, no que se refere ao valor nutritivo, somente na dose mais alta foi possível verificar melhoria da DVIVMS em relação à silagem de cana-de-açúcar controle.

Nesse experimento de Schmidt (2006), os tourinhos Nelore que receberam silagem inoculada apresentaram ganhos de peso e IMS maiores que os observados para os animais do tratamento que continha cana-de-açúcar ensilada sem aditivo. Embora não tenha havido efeito da dose de inoculante, as doses alta e baixa propiciaram aumento de 13,6% na IMS e 22,4% no GPM em relação à silagem sem inoculante.

Dessa maneira, a avaliação das perdas na ensilagem versus sua facilidade de manejo, levando em conta o desempenho alcançado pelos animais é de vital importância para a escolha da forma de fornecimento da forragem.

Os objetivos deste estudo foram: avaliar o desempenho de bovinos confinados recebendo como fonte de volumoso suplementar a cana-de-açúcar, nas formas *in natura* ou ensilada e se a inoculação durante o processo de ensilagem apresenta efeito sobre a ingestão de matéria seca, o desempenho e o comportamento desses animais além da estabilidade aeróbia das fontes de forragens testadas.

## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 Locais do experimento

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, Setor de Ruminantes. Foi utilizada a unidade de confinamento de bovinos de corte, localizada no campus “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP. As análises químico-bromatológicas dos volumosos e rações foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do mesmo Departamento.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) foi colhida em uma propriedade próxima ao campus e transportada picada. As coordenadas geográficas aproximadas da propriedade rural eram: 22°46' S e 47°34' O.

Os animais foram abatidos no Frigorífico Angeleli<sup>®</sup>, em Piracicaba, SP e as análises da carne foram realizadas no Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, da USP, em Pirassununga, SP.

### 3.2.2 Desenho experimental e tratamentos

O experimento foi caracterizado como composto por delineamento em blocos completos casualizados contendo três tratamentos e seis repetições, num total de 18 unidades experimentais (bacias coletivas). O fator utilizado para a separação em blocos foi o peso inicial dos animais.

Os tratamentos experimentais utilizados foram rações formuladas com uma das três fontes de forragem:

- FR – cana-de-açúcar fresca e picada diariamente;
- CT – silagem de cana-de-açúcar sem aditivo;
- LB – silagem de cana-de-açúcar inoculada, no momento da ensilagem, com LaSil Cana, da Lallemand<sup>®</sup>, na dose comercial do produto (2 g/t MV).

A mesma nomenclatura descrita foi utilizada para as rações, uma vez que estas fontes de forragem foram os únicos ingredientes a variarem dentro de todo experimento.

### 3.2.3 Confeção das silagens e manejo de cortes da cana-de-açúcar fresca

Os silos utilizados localizavam-se próximos a unidade de confinamento e apresentavam capacidade de estocagem de, aproximadamente, 72 m<sup>3</sup> (20,0 m de comprimento x 3,0 m de largura x 1,2 m de altura). Apresentavam declividade aproximada de 3% para que o eventual efluente produzido fosse drenado. Esses silos foram escavados, porém sem revestimento de alvenaria e foi utilizada lona plástica de espessura de 200 µm para se evitar o contato direto da massa ensilada com a terra.

O processo de ensilagem ocorreu entre os dias 5 e 7 de Agosto de 2004. A cana-de-açúcar da variedade RB 72-454, proveniente do 3º corte, foi colhida madura e apresentava teor médio de sólidos solúveis de 23ºBrix, de acordo com medida de refratômetro de campo Tokyo®, modelo 032.

O corte foi realizado pela colhedora da marca Menta Mit®, modelo Colhimenta 3000, acoplada ao trator dotado de redutor e com regulagem ajustada para corte com tamanho médio de partículas entre 0,5 e 1,0 cm. A forragem foi transportada picada em caminhões basculantes desde a propriedade onde foi cultivada, distante em aproximadamente 6 km do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ.

Para o tratamento controle (CT) e forragem tratada com *L. buchneri* (LB) os caminhões foram alternadamente descarregados nos dois silos de maneira a não haver interferência do momento de colheita, dia ou mesmo desgaste da afiação das lâminas de corte da colhedora. No tratamento LB a forragem foi tratada com o inoculante comercial LalSil Cana, da Lallemand®, constituído da cepa NCIMB 40788 da bactéria heterolática *L. buchneri*. A dose do produto adotada foi a comercial (2 g/t MV), sendo essa quantidade diluída em dois litros de água deionizada. Dessa maneira, a contagem teórica utilizada de microrganismo de 5 x 10<sup>4</sup> ufc/g MV. Essa aplicação ocorreu utilizando-se pulverizadores manuais de 5 e 10 L de capacidade, da marca Brudden®, com bicos para baixa pressão.

O processo de compactação ocorreu de maneira equivalente em ambos silos, sendo que o tempo utilizado para compactação foi equivalente ao tempo de colheita e o trator utilizado apresentou massa suficiente para que o processo de compactação não fosse restritivo.

Após o enchimento completo dos silos, eles foram vedados com lona de dupla-face com espessura de 200  $\mu\text{m}$ . Foram também colocados sacos de areia e lajotas de concreto sobre a lona no redor de todo o perímetro dos silos, bem como na sua porção mais central, para que a mesma ficasse bem aderida à massa de forragem.

Para o fornecimento da cana-de-açúcar na forma fresca foi utilizada forragem proveniente da mesma variedade cultivada e do mesmo talhão da propriedade em que foi colhida a cana-de-açúcar utilizada para ensilagem. Ela foi cortada no talhão respeitando o manejo adotado para o experimento e foi colhida nas segundas, quartas e sextas-feiras de cada semana do período experimental, sendo picada imediatamente antes do momento do fornecimento aos animais, sendo mantida em feixes e armazenada à sombra em ambiente ventilado até esse determinado momento.

### **3.2.4 Abertura dos silos e manejo de retirada**

Após 31 dias do final da ensilagem e vedação dos silos, em 08 de Setembro de 2004, esses foram abertos. Uma fatia de aproximadamente 1,0 m foi removida da porção frontal de cada um dos silos, até que a avaliação visual sugerisse que a silagem de aspecto satisfatório fosse alcançada. Isso teve como objetivo colocar todos os tratamentos em parâmetro de igualdade no início do experimento de desempenho e iniciar a avaliação das perdas por deterioração aeróbia.

As perdas da silagem por deterioração foram avaliadas após a remoção da quantidade diária necessária para alimentar os animais, separando-se o que subjetivamente apresentava aparência de material deteriorado, por meio de avaliação sensorial. A silagem considerada satisfatória para alimentação foi carregado no vagão de mistura total da marca Siltomac<sup>®</sup>, modelo Ração Total 203. As quantidades de forragem em preservada e deteriorada foram pesadas e mensuradas percentualmente em cada dia do experimento.



### **3.2.5 Instalações, períodos de avaliação, animais utilizados e rações experimentais**

Foi utilizada a unidade de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, sendo utilizadas 18 baias coletivas de 32 m<sup>2</sup> cada uma, sendo metade dessa área coberta. Todas as baias continham comedouro, bebedouro e piso concretado. Os ingredientes concentrados foram armazenados em barracão coberto localizado próximo ao local de experimentação.

Para manter as instalações de modo adequado para os animais, semanalmente o piso da unidade de confinamento foi raspado, bem como ocorreu a limpeza dos bebedouros na mesma frequência.

Para garantir a adaptação dos animais, esses foram transferidos para as baias coletivas, contendo três ou quatro animais em cada, com antecedência de 30 dias do início da avaliação. Durante este período foram alimentados com uma ração única, cujo volumoso foi silagem de cana-de-açúcar sem aditivo oriunda do excedente de experimento anterior. Os ingredientes concentrados utilizados na fase de adaptação foram os mesmos utilizados durante o período experimental, inclusive na mesma proporção utilizada na fase experimental.

No início do período de adaptação os animais foram pesados, vermifugados e receberam aplicação de injeção subcutânea de complexo vitamínico ADE. Os animais foram pesados e alocados em blocos de acordo com o peso inicial e mantidos separados, desta forma, até o final do período experimental.

Os animais utilizados foram 63 bovinos da raça Nelore, machos, não castrados, com média de 18 meses de idade e peso médio de 415 kg. Os três primeiros blocos apresentavam quatro animais por baia e os três últimos blocos apresentavam três animais por baia. A divisão dos animais nos blocos está demonstrada na Tabela 3.1.

O período do experimento estendeu-se até o dia 24 de Novembro de 2004, dia da pesagem final, totalizando 76 dias de avaliação. Foram realizadas duas pesagens intermediárias aos 28 e 56 dias de experimentação, para acompanhamento do desenvolvimento dos animais. Antes de cada pesagem os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas. Essas pesagens tiveram a finalidade de acompanhar, em

cada período, como os animais estavam respondendo aos respectivos tratamentos. O primeiro período correspondeu ao desempenho dos animais entre o 1º e 28º dia, o segundo do 29º ao 56º e o terceiro do 57º ao final, aos 76 dias de experimento.

Tabela 3.1 – Distribuição dos animais em função do peso médio no início do período experimental

Bloco	Baia	Nº de animais	Tratamento	PMI <sup>1</sup> dos animais (kg)
	1		LB	386
1	2	4	CT	386
	3		FR	386
	4		CT	412
2	5	4	LB	407
	6		FR	402
	7		FR	410
3	8	4	CT	408
	9		LB	414
	10		LB	422
4	11	3	FR	438
	12		CT	420
	13		FR	435
5	14	3	LB	438
	15		CT	439
	16		FR	436
6	17	3	LB	448
	18		CT	446

Nota: <sup>1</sup> PMI – Peso médio inicial dos animais distribuídos nas baias.

As rações experimentais foram formuladas com base na composição em matéria seca, utilizando-se as exigências de bovinos de corte sugeridas pelo NRC *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996) para DOS<sup>®</sup>, visando ganhos médios de peso de 1,1 kg/animal/dia. Para isso, o programa estabeleceu que as rações devessem conter 69% de NDT e 13,2% de PB.

O volumoso foi a única fonte de alteração das rações formuladas entre os tratamentos FR, CT e LB. A relação volumoso:concentrado foi de 40:60. A composição das rações experimentais com base na MS foi: 39,36% do volumoso; 39,89% de polpa cítrica peletizada; 8,62% de milho em grão moído; 9,15% de farelo de algodão; 1,49% de uréia e 1,49% de mistura mineral. Esta foi formulada para conter: 6,0% de Ca; 5,0% de P; 6,0% de Na; 8,0% de S; 1 ppm de Co; 600 ppm de Cu; 40 ppm de I; 9 ppm de Se; 2200 ppm de Zn e 1,9% de monensina sódica.

### 3.2.6 Arraçoamento

As atividades se iniciavam às 7:00 horas, com a avaliação visual do cocho e recolhimento das sobras. Este material foi recolhido em sacos individuais de polietileno e pesado em balança digital da marca Marte<sup>®</sup>, modelo LC100, com capacidade máxima de 100 kg.

O alimento foi fornecido *ad libitum*, sendo a quantidade fornecida calculada diariamente de modo que as sobras estivessem entre 5 e 10%. O ajuste diário era necessário no caso das sobras serem inferiores a 5% ou superiores a 10% da quantidade fornecida no dia anterior.

Para se evitar o prejuízo do tratamento FR, a quantidade diária de ração de todos os tratamentos foi dividida em dois momentos de fornecimento, às 8:00 e às 15:00 horas, com divisão de 60 e 40% da quantidade diária, respectivamente. Vale ressaltar que a sobra oriunda da alimentação da manhã não foi quantificada à tarde. A quantidade de ração fornecida à tarde foi misturada com a sobra da manhã, com as sobras totais do dia sendo quantificadas no período da manhã do dia seguinte.

Depois da limpeza dos comedouros o vagão de mistura total da marca Siltomac<sup>®</sup>, modelo Ração Total 203 era conduzido até os silos e então era carregada a quantidade necessária de cada tratamento. Para o tratamento FR o vagão era conduzido até o barracão no qual se encontrava a picadora estacionária da marca Menta Mit<sup>®</sup>, modelo S20T. A quantidade necessária de cana-de-açúcar fresca para a alimentação do horário (manhã ou tarde) foi picada imediatamente antes da mistura da ração e carregada diretamente dentro do vagão de mistura total. Depois dos volumosos serem carregados,

os ingredientes concentrados foram pesados na balança da marca Marte<sup>®</sup>, modelo LC100, e misturados pelo sistema de barras horizontais do vagão de mistura total.

A distribuição do alimento no comedouro seguiu a ordem dos tratamentos, sendo fornecidas as quantidades em função do cálculo prévio da ingestão do dia anterior. A seqüência de arração manteve-se inalterada durante todo o período experimental, sendo o tratamento CT o primeiro a ser distribuído, seguido do tratamento LB e FR. Isso ocorreu da mesma maneira, tanto pela manhã, quanto à tarde.

As quantidades de ração fornecida, bem como as sobras, foram quantificadas diariamente para cálculo e ajuste da ingestão de MS dos animais.

### **3.2.7 Rotina de amostragem**

Os volumosos, os ingredientes concentrados, bem como a ração e as sobras das baias foram amostradas semanalmente.

As fontes de volumosos foram amostradas após prévia homogeneização de toda a massa de forragem do dia de amostragem (terças-feiras). Uma primeira amostra de aproximadamente 250 g foi acondicionada em sacos de papel com a tara registrada previamente e mantidas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C, durante 72 horas, para determinação do teor de MS e posterior, composição bromatológica. Outra amostra de aproximadamente 50 g foi mantida congelada a - 20°C para confecção do extrato aquoso e a terceira amostra, com também cerca de 250 g, foi utilizada para a determinação, posterior, do tamanho médio de partículas.

Os ingredientes concentrados também foram amostrados em 50 g semanalmente, todas as terças-feiras, sendo armazenados, identificados e vedados até o final do experimento, momento em que foram homogeneizados, acondicionados em sacos de papel com a tara previamente registrada e mantidos em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C, durante 72 horas, para determinação do teor de MS. Após o que tempo foram pesadas e moídas em moinho do tipo *Wiley* provido de peneiras com crivo de 1 mm de diâmetro.

De acordo com os teores de MS dos volumosos e dos ingredientes concentrados houve o ajuste semanal do teor de MS das rações. Isto foi levado em conta para a

alteração da quantidade de cada um dos ingredientes, na base úmida, para a composição da ração.

Amostras da ração fornecida e das sobras de cada um dos comedouros das baias foram coletadas semanalmente, obedecendo à amostragem das rações às terças-feiras e das sobras às quartas-feiras. No caso de algum comedouro não apresentar sobra suficiente, a amostragem ocorria no dia seguinte. As amostras das rações e sobras, após serem secas em estufa e moídas, foram homogeneizadas e compostas por baia, sendo os resultados apresentados como a média de todo o período experimental.

### 3.2.8 Análises químico-bromatológicas

Para estimativa dos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) foi utilizada a espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIR). O método utilizado foi previamente descrito por Berzaghi; Cozzi e Andrighetto (1997) e Cozzolino; Acosta e Garcia (2001).

O equipamento utilizado foi o espectrômetro modelo NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems® Inc., Silver Spring, MD, USA) acoplado a microcomputador equipado com *software* WinISI II 1.5 (Intrasoft International, Port Matilda, PA, USA). Para obtenção dos espectros NIR as amostras secas e moídas a 1,0 mm foram escaneadas utilizando-se a célula *Transport quarter cup*, modelo IH – 0379. Para tanto, se utilizou uma população de 523 amostras, geradas dos três experimentos que compõem esta tese.

O conjunto de amostras foi escaneado nesse equipamento obtendo leituras compreendidas entre comprimentos de onda de 1100 a 2498 nm. Esses espectros foram armazenados em curvas log (1/R), a intervalos de 2 nm. Utilizaram-se os métodos de seleção de amostras existentes no *software* do equipamento, por meio dos algoritmos CENTER e SELECT (SHENK; WESTERHAUS, 1991). O algoritmo CENTER descarta as amostras com distância superior a 3,0 H (distância padronizada de Mahalanobis) da média, sendo consideradas como *outliers*. O algoritmo SELECT

verifica a distância de seu vizinho mais próximo no conjunto de amostras, adotando-se a distância máxima de NH (*Neighborhood H*) de 0,8 H, de forma a selecionar amostras representativas de variação espectral. Do total de amostras do banco de dados o *software* selecionou 99 para a análise química e posterior desenvolvimento de curvas de calibração.

Os teores de matéria seca (MS) e mineral (MM) das amostras selecionadas pelo NIR foram determinados segundo método da AOAC (1980).

A determinação do teor PB ocorreu por meio da combustão das amostras, de acordo com o método de *Dumas*, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio, marca LECO® (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA), modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998).

As análises dos teores de FDN e FDA foram realizadas pelo método seqüencial proposto pela *ANKOM Fiber Analyser* (ANKOM® Technology Corp., Fairport, NY, USA) e descrito por Holden (1999). O teor de HEM foi calculado pela diferença entre os teores de FDN e FDA, sendo que o mesmo também foi inserido no banco de dados do NIR e calculado da mesma maneira.

O coeficiente de DVIVMS foi calculado seguindo o mesmo protocolo proposto da *ANKOM Daisy Incubator* (ANKOM® Technology Corp., Fairport, NY, USA), também descrito por Holden (1999). O fluído ruminal foi obtido de uma vaca da raça Holandesa fistulada no rúmen, pesando aproximadamente 600 kg. O animal foi mantido previamente em alimentação básica com feno de gramínea e mistura mineral.

Foi utilizado o modelo de regressão multivariada MPLS (*Modified Partial Least Squares*) com vários tratamentos matemáticos dos espectros NIR para que cada uma das variáveis fosse calculada separadamente. Os tratamentos matemáticos (*derivative, gap over, smooth, second smooth*) utilizados foram: 1,4,4,1; 2,4,4,1; 2,10,10,1; 2,20,20,1. As equações desenvolvidas foram selecionadas pelos menores erros padrão de calibração (SEC) e validação cruzada (SECV) e pelos maiores coeficientes de determinação da calibração ( $R^2$ ) e de validação cruzada (1-VR). Depois de escolhidas as equações, estimou-se os teores dos nutrientes de todo o banco de dados.

Os teores de MS, MM, PB, FDN, FDA e HEM, bem como o coeficiente de DVIVMS dos ingredientes concentrados (polpa cítrica peletizada, farelo de algodão e

milho em grão moído) foram analisados somente pela química líquida, conforme as metodologias descritas acima, sem a inserção destes valores no conjunto de amostras que foram analisadas e calculadas pelo NIR. A análise bromatológica média para esses ingredientes está demonstrada na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Análise químico-bromatológica dos ingredientes concentrados utilizados nas rações dos tourinhos da raça Nelore

<b>Variável</b>	<b>PCP<sup>1</sup></b>	<b>FA<sup>2</sup></b>	<b>MGM<sup>3</sup></b>
MS, %	94,35	92,89	90,01
MM, % MS	5,48	6,38	1,41
PB, % MS	7,54	45,14	10,01
FDN, % MS	27,79	29,93	10,34
FDA, % MS	20,32	23,22	3,51
HEM, % MS	7,47	6,71	6,83
DVIVMS, %	82,12	66,24	79,07

Notas: <sup>1</sup> PCP – Polpa cítrica peletizada; <sup>2</sup> FA – Farelo de algodão; <sup>3</sup> MGM – Milho grão moído.

As amostras das fontes de volumosos coletadas semanalmente foram descongeladas e preparadas segundo metodologia de Kung Junior et al. (1984). A uma amostra de 25 g de forragem foram adicionados 225 mL de água deionizada, sendo processada durante um minuto no liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymesen<sup>®</sup>. Em seguida o valor de pH foi medido no material processado com o uso de potenciômetro digital modelo DM 20, marca Digimed<sup>®</sup>. Na seqüência, o extrato preparado foi filtrado em papel de filtro Whatman<sup>®</sup> 54, acidificado com três gotas de ácido sulfúrico (50%) e centrifugado durante 15 minutos a 10.000 x g. O sobrenadante foi transferido para microtubos plásticos com capacidade de 1,5 mL e armazenados à -20°C.

O extrato aquoso foi ponto de partida para determinação dos carboidratos solúveis (CHO's) em água da cana-de-açúcar fresca 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 extrato aquoso da silagem ou das soluções padrões de sacarose foi adicionada a solução de

fenol. Depois de homogeneizadas, as soluções descritas acima foram acidificadas com ácido sulfúrico 98%, sendo em seguida conduzidas ao banho-maria à 37°C, onde permaneceram por 20 minutos. Passado este período, uma alíquota das soluções foi pipetada para placas de microtubo e encaminhada para leitura de absorvância em leitor de microplaca (Bio-Rad®, Hercules, CA, USA) utilizando-se filtro para absorvância de 490 nm. O *software* do equipamento fez os cálculos dos teores de CHO's à partir de valores de absorvância da curva padrão e estimou os teores das amostras (µg/mL). Os valores foram corrigidos para percentual da MS para fins de comparação com resultados de literatura.

O ácido láctico foi determinado segundo metodologia adaptada de Pryce (1969). As soluções padrões de ácido láctico foram preparadas segundo método descrito pelo autor. Adicionou-se 3,95 mL do reagente precipitante (contendo tungstato de sódio, ácido ortofosfórico 90% e sulfato de cobre) a 50 µL de solução padrão ou extrato de silagem em tubos de ensaio e agitados por cinco segundos. A seguir, centrifugou-se por cinco minutos a 2000 x g. O sobrenadante foi pipetado para outro tubo de ensaio e a ele foram adicionados 6 mL de ácido sulfúrico concentrado. Depois de dois minutos os tubos foram agitados por dez segundos em vortex, seguido de resfriamento dos mesmos em água corrente. A etapa seguinte foi adição de 100 µL de reagente de coloração (1,5 g de p-hidroxibifenil, em 100 ml de dimetilformamida) ao produto de análise e nova agitação em vortex por cinco segundos. Depois de descanso de dez minutos, os tubos passaram por banho em água fervente durante 90 segundos, estando assim, prontos para a leitura de absorvância que foi realizada pelo espectrofotômetro, modelo 6405 UV/Vis., da marca Jenway®, calibrado para comprimento de onda de 565 nm.

Para análise dos ácidos graxos voláteis (C2, C3 e C4) seguiu-se a metodologia descrita por Campos; Nussio e Nussio (2004), na qual 800 µL do extrato aquoso da silagem, juntamente com 200 µL de ácido fórmico e 100 µL de padrão interno foram transferidos para frascos de cromatografia. A leitura foi realizada em cromatógrafo líquido-gasoso, CLG (Hewlett Packard® 5890, série II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396, série II (Hewlett Packard Company®). O gás de arraste e os comburentes foram nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, respectivamente, nas vazões de



20, 30 e 400 mL/min. A temperatura do injetor foi de 150°C, do detector de 190°C e da coluna 115°C.

O teor de etanol (g/L) foi determinado por meio de leitura direta utilizando-se o analisador bioquímico YSI 2700 Select (Biochemistry Analyzer<sup>®</sup>, Yellow Spring, OH, USA). Também para fins de comparação com dados de literatura, os valores foram calculados em função do percentual de MS das amostras.

### 3.2.9 Cálculo do tamanho médio de partículas

A avaliação do tamanho médio de partículas (TMP) foi realizada com base na estratificação dessas partículas por meio do método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS, 1996). Entretanto, foi incorporada uma adaptação (MARI; NUSSIO, 2007) ao método original com a inserção de uma peneira adicional com orifícios de 38 mm de diâmetro (Figura 3.1).

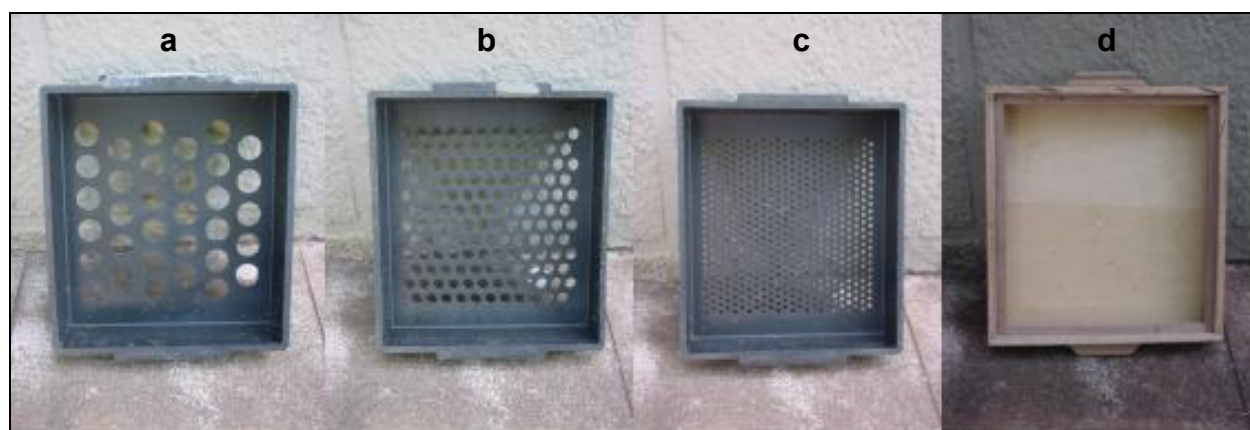


Figura 3.1 – Sistema *Penn State Particle Size Separator*, com a adaptação da peneira superior (a) contendo perfurações de 38 mm e o sistema utilizado convencionalmente com as demais peneiras (b, c, d)

Com a adaptação foi definida a proporção de material retido com diâmetro superior a 38 mm (Figura 3.1a), material retido com diâmetro entre 38 e 19 mm (Figura 3.1b), material retido com diâmetro entre 19 e 7,8 mm (Figura 3.1c) e inferior a 7,8 mm (Figura 3.1d).

O tamanho médio de partículas foi estimado pelo procedimento Reliability do SAS (2002). Esse utiliza a média como o valor mais provável do tamanho médio de partículas. Trata-se de uma distribuição do tipo *Weibull*, não-simétrica, com deslocamento à direita. O método leva em conta as proporções retidas em cada uma das peneiras e no fundo, considerando-se a quantidade original de 250 g de amostra.

### **3.2.10 Desempenho de animais**

As variáveis de desempenho animal avaliadas foram todas calculadas como a média dos animais dentro de cada uma das baias por esta se tratar da unidade experimental.

Foi determinado o ganho de peso médio diário (GPD), a ingestão de matéria seca (IMS), tanto medida em kg por dia, como com relação ao percentual do peso vivo e a eficiência alimentar (EA).

### **3.2.11 Ensaio de estabilidade aeróbia das fontes de volumosos e das rações**

O ensaio de estabilidade aeróbia foi conduzido próximo do término do ensaio de desempenho. Iniciou-se em 02 de Novembro de 2004 e durou dez dias. O ensaio foi estabelecido testando-se os três volumosos exclusivos e as rações compostas por cada um destes volumosos. As rações foram constituídas pelas mesmas misturas fornecidas aos animais. Esse estudo teve como objetivo avaliar a estabilidade das forragens no painel do silo, ou mesmo a cana-de-açúcar fresca e picada e também a estabilidade das rações no cocho. As amostras das silagens CT e LB foram coletadas após o fornecimento da alimentação no dia, cerca de 30 cm de profundidade da face de exposição do painel do silo.

O delineamento experimental utilizado definiu-se como inteiramente casualizado, com seis tratamentos (fatorial 3 x 2), com quatro repetições cada, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram definidos como sendo três volumosos (FR, CT e LB), acrescidos ou não do concentrado, na mesma proporção das rações experimentais.

O método utilizado para avaliar a estabilidade aeróbia foi previamente descrito por Ranjit e Kung Junior (2000). Nesse estudo os autores consideram o final da estabilidade aeróbia como sendo o momento em que a temperatura da massa exposta ao ar excede a temperatura do ambiente em 2°C.

Após os volumosos serem coletados e as rações serem preparadas, aproximadamente 4 kg dessas fontes foram acondicionados, sem serem compactados, em baldes de PVC de 20 L de capacidade. No centro da massa de forragem ou ração de cada balde foi instalado um sensor eletrônico de aquisição de dados de temperatura (*Data loggers*) da marca Dickson®, modelo SK100 (Dickson® Technologies, Addison, IL, USA). Este foi programado para que registrasse as temperaturas da massa em intervalos de uma hora. Os baldes foram posicionados aleatoriamente em sala climatizada com temperatura média de  $23,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . Dentro da sala, um dos sensores também foi posicionado e serviu de base de dados da temperatura do ambiente.

Com auxílio do *software* Dicksonware, versão 8.0.5 (Dickson® Technologies, Addison, IL, USA) os dados foram recuperados e plotados em função do tempo.

Os baldes tiveram suas taras registradas e foram pesados duas vezes ao dia (7:00 e 19:00 horas) para que se pudesse avaliar as perdas de MS durante o ensaio de estabilidade aeróbia.

Ao início do ensaio, no quinto e no décimo dia foram coletadas amostras de aproximadamente 150 g de cada um dos 24 baldes para a determinação do teor de MS, após serem mantidas por 72 horas, em estufa regulada para 55°C.

Diariamente foram coletadas amostras (25 g) de cada balde para a mensuração do pH. Essas amostragens bem como as acima mencionadas foram computadas à massa para avaliação das perdas de MS no quinto e décimo dias.

Os parâmetros avaliados durante todo o ensaio foram definidas por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001): número de horas para a massa atingir a temperatura máxima (HTmax); temperatura máxima atingida pela massa (Tmax); acúmulo térmico de 5 e 10 dias (ADITE-5 e ADITE-10), da diferença média diária entre a temperatura das silagens e a temperatura ambiente; pH máximo alcançado (pHmax); número de dias para se atingir o pH máximo (DpHmax); perda de MS de 0 a 5 (PMS0-5) e 0 a 10 dias (PMS0-

10). Além daquela definida por Ranjit e Kung Junior (2000), número de horas para elevação da temperatura em 2°C (H2°C) em relação à temperatura do ambiente.

### **3.2.12 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e valor energético dos volumosos**

Para estas predições foi utilizado o *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996) para DOS<sup>®</sup>, no nível 1 (Tabular). Alimentação do programa deu-se com os dados da composição químico-bromatológica, digestibilidade dos volumosos e das rações (obtidas pela análise laboratorial) e com o percentual de IMS observado (kg) para cada um dos ingredientes. Para os valores não obtidos por meio da química líquida, porém necessários para o atendimento das exigências do programa NRC (1996), foram adotados valores médios reportados como padrão pela literatura.

Outros parâmetros foram definidos: o sistema de classificação utilizado foi o *Grading System 2*, segundo o qual os animais da raça Nelore apresentariam 20% de gordura corpórea, quando atingissem peso de abate de 550 kg, média de peso obtido no experimento. Pelo fato das baias constituírem a unidade experimental, a alimentação do programa com a idade e peso médio dos animais deu-se com a média dos animais de cada uma das baias.

Para estimativa do valor energético das silagens (NDT) foi necessário fixar os valores de NDT apresentados pelos ingredientes PCP, FA e MGM. De acordo com dados reportados pela literatura, foram adotados valores de NDT de 82, 75 e 88%, respectivamente.

Os valores de energia líquida de manutenção ( $EL_m$ ) e de ganho ( $EL_g$ ) foram determinados pela metodologia proposta por Zinn e Shen (1998) e 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 20 baias, bem como o peso médio dos animais (kg) em cada uma das baias. Os dados de ingestão de MS e de nutrientes foram calculados utilizando-se valores de ingestão média pelos animais em cada baia e composição de nutrientes analisados nas amostras, utilizando a baia como a unidade experimental.

Com estes valores foi possível estimar as exigências energéticas de ganho ( $E_g$ ) – Equação 3.1 – e manutenção ( $E_m$ ) – Equação 3.2 – expressas em Mcal/dia, segundo NRC (1984).

$$E_g = (0,0493 \times PV^{0,75}) \times GPD^{1,097} \quad (3.1)$$

$$E_m = 0,077 \times PV^{0,75} \quad (3.2)$$

Com os valores de exigências energéticas calculados, o próximo passo foi determinar a expectativa de concentração de energia líquida de manutenção ( $EL_m$ ) – Equação 3.3 – e de ganho ( $EL_g$ ) – Equação 3.4 – das rações, expressas em Mcal/kg MS. Para o cálculo foram utilizadas as equações descritas abaixo:

$$EL_m = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} \quad (3.3)$$

Na qual:

$$a = 0,877 \times IMS$$

$$b = (0,877 \times E_m) + (0,41 \times IMS) + E_g$$

$$c = -0,41 \times E_m$$

$$EL_g = (0,877 \times EL_m) - 0,41 \quad (3.4)$$

Os cálculos da concentração de energia esperada foram realizados por meio das equações descritas no programa NRC (1996). 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. Desse modo, a partir destes valores foram calculadas as relações entre as concentrações de energia observada e esperada.

### 3.2.13 Rendimento de carcaça e qualidade da carne

Os animais foram abatidos ao final do experimento, em 26 de Novembro de 2004. Após a toailete, cada meia carcaça foi identificada individualmente. Foi anotado o peso de cada uma das meias carcaças e a soma das meias carcaças direita e esquerda correspondeu ao peso da carcaça quente (PCQ), conforme anteriormente relatado por Pereira (2006). Esta medida foi utilizada para obtenção do rendimento de carcaça (RC) em relação ao peso do animal vivo antes do abate (PV), segundo a Equação 3.5.

$$RC = \left( \frac{PCQ}{PV} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

Uma hora após o abate foram determinados o pH (pH1h) e a temperatura (T1h) no músculo *Longissimus dorsi* de cada meia carcaça esquerda, na altura da 12<sup>a</sup> costela, com o auxílio de potenciômetro digital com sondas de penetração da marca Hanna Instruments®, modelo HI8314. As mesmas medidas (pH24h e T24h) foram tomadas no dia seguinte ao abate.

Depois de 24 horas do abate foi realizada a desossa das carcaças, sendo avaliadas a área de olho de lombo (AOL), em cm<sup>2</sup>, e a espessura da gordura subcutânea (EGS), em cm, do músculo *Longissimus dorsi*, com o auxílio de gabarito específico para tal mensuração, utilizando o método de quadrante de pontos. A referência para a medida da EGS aconteceu em ¾ da distância entre a porção do músculo inserido ao processo transversal da vértebra torácica e a porção lateral da AOL. Foi determinado também o índice de marmorização pelo escore visual subjetivo do *Quality Grade* do USDA (1999).

Na meia carcaça esquerda, na mesma porção do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas, foram retiradas duas amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura. Em seguida esses bifes foram embalados a vácuo, individualmente, em sacos plásticos específicos para maturação de carnes. Depois de embalados as amostras de bife foram armazenados em câmara frigorífica entre 0 e 1°C, durante 14

dias, para as seguintes análises: força de cisalhamento, perda de peso por cozimento e coloração.

Após o período de maturação específico (14 dias) as amostras foram mantidas em túnel de congelamento à - 25°C até serem transportadas para a Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga, onde foram mantidas em freezer à - 18°C até o momento das análises.

Para a análise as amostras foram descongeladas em câmara fria (2°C) por 48 horas. No momento das análises os bifes foram deixados em temperatura de, aproximadamente, 20°C. As análises de maciez, perda de água ao cozimento (PAC) e coloração foram realizadas no Laboratório de Carnes da FZEA/USP.

Para análise da perda de água ao cozimento e maciez procedeu-se o cozimento das amostras de acordo com método descrito por Wheeler; Shackelford e Koohmaraie (2001). Após a pesagem inicial ( $P_{bf_i}$ ), foram inseridos termômetros individuais de perfuração atingindo o centro geométrico das amostras. As mesmas foram colocadas em forno pré-aquecido à temperatura aproximada de 170°C, permanecendo até que a temperatura do centro das amostras atingisse 71°C. Depois de retiradas do forno foram mantidas em temperatura ambiente (20°C) para serem posteriormente pesadas ( $P_{bf_f}$ ).

A perda de água ao cozimento (PAC) foi determinada pela diferença de  $P_{bf_i}$  e  $P_{bf_f}$ , expressa em porcentagem e demonstrada na Equação 3.6. Todas as pesagens foram realizadas em balança semi-analítica da marca Marte<sup>®</sup>, modelo AS 2000.

$$PAC = \left( \frac{P_{bf_i} - P_{bf_f}}{P_{bf_i}} \right) \times 100 \quad (3.6)$$

O teste de maciez, também descrito Wheeler; Shackelford e Koohmaraie (2001) foi realizado retirando-se das amostras de bife do músculo *Longissimus dorsi* seis sub-amostras com o auxílio de cilindro de inox de 12,7 mm de diâmetro. O aparelho utilizado para essas mensurações foi o Warner-Bratzler Shear Force<sup>®</sup>. A medida de maciez, ou força de cisalhamento, de cada amostra de bife foi calculada pela média dos valores das seis sub-amostras.

### 3.2.14 Comportamento animal

Nos dias 28 de Outubro e 18 de Novembro de 2004 foram iniciadas as observações do comportamento dos animais, ocorrendo por 24 horas. As observações iniciaram-se no momento do fornecimento da alimentação no turno da manhã, em cada uma das baias e terminaram no mesmo horário, no dia seguinte. Durante o período noturno as luzes da unidade de confinamento foram mantidas apagadas para evitar a alteração do comportamento normal dos animais. Desse modo, as observações durante esse período foram feitas com o auxílio de lanterna.

As anotações foram realizadas para cada animal. As observações foram espaçadas em 10 minutos. Para isso os animais foram numerados (1 a 3 ou 1 a 4, dependendo no número de animais na baia) na região das costelas, de modo a permitir a rápida identificação.

Os parâmetros analisados foram: tempo total de ingestão de alimento, ingestão de água, ruminação e ócio, sem atividade definida (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002). O tempo total de mastigação foi determinado pelo somatório do tempo de ingestão com o tempo de mastigação (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002 e KONONOFF; HEIRINCHS; LEHMAN, 2003).

O cálculo das atividades comportamentais foi totalizado em minutos por dia, assumindo-se que nos dez minutos seguintes a cada observação o animal permaneceu na mesma atividade.

Para os mesmos parâmetros, foi calculado o tempo relativo às quatro primeiras horas após o fornecimento do alimento pela manhã e pela tarde. Isso teve como objetivo verificar se houvesse alteração do comportamento dos animais nas primeiras horas, tido como críticas em virtude da possibilidade de maiores teores de compostos voláteis nas silagens, como foi observado por Schmidt et al. (2004).

De posse dos dados de ingestão de MS e FDN verificados no dia da realização de cada avaliação de comportamento, para a média de cada baia, foram calculados os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação (minutos por kg de MS ou FDN).



### 3.2.15 Análises estatísticas utilizadas

Na Tabela 3.3 estão listadas as matrizes de estrutura de covariância escolhidas para cada uma das variáveis relativas aos volumosos.

Tabela 3.3 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de composição química dos volumosos e manejo de retirada das silagens

<b>Variável</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Matéria seca	AR (1)
Matéria mineral	AR (1)
Proteína bruta	VC
FDN	ARMA (1,1)
FDA	ARMA (1,1)
Hemicelulose	ARMA (1,1)
Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da matéria seca	ARMA (1,1)
Carboidratos solúveis em água	VC
Etanol	VC
Ácido láctico	ARH (1)
Ácido acético	VC
Ácido propiônico	VC
Ácido butírico	ARH (1)
Relação lactato-acetato	ARH (1)
pH	VC
Manejo de retirada	CS

Os dados referentes à composição químico-bromatológica dos volumosos foram analisados pelo procedimento Mixed do SAS (2002), por se tratarem de medidas repetidas no tempo (semanas). O manejo de retirada das silagens também foi analisado da mesma forma, porém a frequência de observação foi maior (diária).

As variáveis da composição químico-bromatológica das rações e sobras de ração foram analisadas pelo procedimento GLM do SAS (2002), por se tratarem de delineamento em blocos completos.

O ensaio de estabilidade aeróbia foi analisado pelo procedimento Mixed do SAS (2002), porém neste caso não foi necessário o teste de escolha de matrizes de estrutura de covariância.

As variáveis de desempenho dos animais foram analisadas como medidas repetidas no tempo, sendo estas compostas pelos três períodos experimentais, e avaliadas pelo procedimento Mixed do SAS (2002). As matrizes de estrutura de covariância escolhidas para cada variável estão demonstradas na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de desempenho dos animais recebendo cana-de-açúcar ensilada ou fresca como volumosos da ração

<b>Variável</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Ganho de peso médio diário	HF
Ingestão de matéria seca	AR (1)
Eficiência alimentar	HF

As variáveis estimadas pelo NRC (1996) tais como o valor nutritivo dos volumosos, IMS e ganho de peso médio diário, bem como os cálculos de  $EL_m$  e  $EL_g$  (ZINN; SHEN, 1998, adaptado por PEREIRA, 2005) foram analisadas como delineamento em blocos, seguindo o procedimento GLM do SAS (2002).

O comportamento dos animais foi analisado seguindo o procedimento Mixed (SAS, 2002), sendo subdivididos em parcelas no tempo, uma vez que foram avaliados em duas oportunidades e a média observada foi decorrente das duas avaliações. Como parte desse procedimento foram realizados testes de matrizes de covariância e as escolhidas estão descritas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de parâmetros de comportamento dos animais recebendo cana-de-açúcar ensilada ou fresca como volumosos da ração

<b>Parâmetro</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Ingerindo em 24 horas	AR (1)
Ócio em 24 horas	AR (1)
Bebendo em 24 horas	VC
Ruminando em 24 horas	AR (1)
Mastigando em 24 horas	AR (1)
Ingestão de MS no dia do comportamento	VC
Ingestão de FDN no dia do comportamento	VC
Tempo relativo de ingestão de MS	AR (1)
Tempo relativo de ruminação de MS	AR (1)
Tempo relativo de mastigação de MS	AR (1)
Tempo relativo de ingestão de FDN	AR (1)
Tempo relativo de ruminação de FDN	AR (1)
Tempo relativo de mastigação de FDN	AR (1)
Ingerindo nas 8 horas iniciais	AR (1)
Ócio nas 8 horas iniciais	AR (1)
Bebendo nas 8 horas iniciais	VC
Ruminando nas 8 horas iniciais	ARH (1)
Mastigando nas 8 horas iniciais	AR (1)

Para a análise dos parâmetros de carcaça e de abate, também foram testadas matrizes de estrutura de variância. Por se tratarem de medidas individuais, os animais dentro da baía foram considerados como as sub-parcelas. As matrizes escolhidas para cada um dos parâmetros estão listadas na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação dos parâmetros de abate e de carcaça dos animais recebendo cana-de-açúcar ensilada ou fresca como volumosos da ração

<b>Parâmetro</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Peso final dos animais	CS
Peso da carcaça quente	ARH (1)
Rendimento de carcaça	VC
Atividade da enzima gama glutamil transferase	VC
Medida do pH após 1 hora do abate	UN
Medida da temperatura após 1 hora do abate	VC
Medida do pH após 24 horas do abate	TOEP
Medida da temperatura após 24 horas do abate	HF
Área de olho de lombo	UN
Espessura da gordura subcutânea	ARMA (1,1)
Perda de água ao cozimento	AR (1)
Força de cisalhamento	VC

Para efeito de comparação de médias em todos os modelos estatísticos utilizados, tanto no procedimento Mixed, quanto no procedimento GLM, ambos do SAS (2002), foi utilizado o teste de média dos quadrados mínimos (LS MEANS), com nível de significância de 5 %.

### **3.3 Resultados**

#### **3.3.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas dos volumosos e manejo de retirada das silagens**

Na Tabela 3.7 estão apresentados os resultados dos volumosos estudados, à saber: a silagem de cana-de-açúcar controle (sem inoculação), a silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* e a cana-de-açúcar fresca e picada diariamente.

Houve efeito da semana de amostragem para as variáveis proteína bruta ( $P = 0,0356$ ), teor de etanol ( $P = 0,0421$ ) e teor de ácido acético ( $P = 0,0260$ ). Apesar do efeito evidenciado, a causa para essa variação é de pequena importância biológica.

Não foi verificado efeito do tratamento dos volumosos sobre o teor de matéria mineral ( $P = 0,0522$ ), teor de ácido acético ( $P = 0,3308$ ) e ácido propiônico ( $P = 0,5293$ ), apresentando médias de 2,53% MS; 5,20% MS e 0,31% MS, respectivamente.

Tabela 3.7 – Composição químico-bromatológica dos volumosos utilizados no estudo de desempenho de bovinos

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
MS, %	27,21 <sup>B</sup>	30,10 <sup>B</sup>	33,92 <sup>A</sup>	30,41	0,666
MM, % MS	2,83	3,02	1,75	2,53	0,207
PB, % MS	4,82 <sup>A</sup>	4,62 <sup>A</sup>	2,91 <sup>B</sup>	4,12	0,083
FDN, % MS	70,56 <sup>A</sup>	65,71 <sup>B</sup>	57,67 <sup>C</sup>	64,65	0,620
FDA, % MS	42,62 <sup>A</sup>	40,34 <sup>B</sup>	33,06 <sup>C</sup>	38,67	0,389
HEM, % MS	27,94 <sup>A</sup>	25,37 <sup>B</sup>	24,61 <sup>C</sup>	25,95	0,282
DVIVMS, %	47,23 <sup>C</sup>	50,63 <sup>B</sup>	59,58 <sup>A</sup>	52,48	0,504
CHO's, % MS	6,21 <sup>C</sup>	11,24 <sup>B</sup>	25,51 <sup>A</sup>	14,32	1,029
EtOH, % MS	0,77 <sup>A</sup>	0,50 <sup>B</sup>	-	0,64	0,287
Ác. láctico, % MS	0,97 <sup>A</sup>	0,64 <sup>B</sup>	-	0,81	0,067
C2, % MS	5,48	4,91	-	5,20	0,268
C3, % MS	0,28	0,33	-	0,31	0,043
C4, % MS	0,21 <sup>A</sup>	0,10 <sup>B</sup>	-	0,16	0,022
Lac/Ace <sup>5</sup>	0,17 <sup>A</sup>	0,11 <sup>B</sup>	-	0,14	0,015
pH	3,52 <sup>B</sup>	3,57 <sup>B</sup>	5,37 <sup>A</sup>	4,15	0,034

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média; <sup>5</sup> Lac/Ace – Relação lactato-acetato.

O teor de matéria seca foi afetado ( $P = 0,0046$ ) pelos tratamentos impostos à cana-de-açúcar. O teor de MS da cana-de-açúcar fresca e picada foi maior (33,92%) que o das silagens controle e LB, 27,21 e 30,10%, respectivamente, estes por sua vez, não diferiram entre si.

O teor de proteína bruta (PB) foi maior ( $P < 0,0001$ ) para os tratamentos compostos por silagens que aquele verificado na cana-de-açúcar fresca (2,91% MS).

Os componentes estruturais dos volumosos foram afetados ( $P < 0,0001$ ) pelos tratamentos estudados, sendo os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM) menores para o tratamento composto por cana-de-açúcar fresca, seguidos do tratamento LB e os maiores teores foram verificados no tratamento representado pela silagem de cana-de-açúcar se aditivo (CT).

O coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) foi diferente ( $P < 0,0001$ ) entre os tratamentos impostos à cana-de-açúcar e foi afetado de forma inversa ao observado pelos componentes fibrosos. O maior coeficiente de DVIVMS foi observado na cana-de-açúcar fresca (59,58%), seguido da silagem inoculada (50,63%) e, por último, a cana-de-açúcar ensilada sem aditivo (47,23%).

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0091$ ) sobre o teor de carboidratos solúveis em água (CHO's) que acompanhou a mesma tendência observada para a DVIVMS. O teor de CHO's da cana-de-açúcar fresca foi de 25,51% MS e decresceu para menos da metade nas silagens, estas, porém ainda diferenciaram-se entre si quanto a esses teores. A silagem LB preservou mais CHO's e apresentou valores médios de 11,24% MS, enquanto que na silagem CT o teor médio observado foi de 6,21% MS.

Os produtos da fermentação não foram determinados nas amostras de cana-de-açúcar fresca e picada, sendo as comparações restritas às silagens. Dessa forma, a silagem controle apresentou comparativamente à silagem inoculada com *L. buchneri*, teores mais elevados ( $P < 0,05$ ) de etanol (0,77 vs. 0,50% MS), ácido butírico (0,21 vs. 0,10% MS), ácido láctico (0,97 vs. 0,64% MS) e da relação lactato-acetato (0,17 vs. 0,11% MS).

O tamanho médio de partículas dos volumosos e o manejo de retirada das silagens estão apresentados na Tabela 3.8. O tamanho médio de partículas corresponde somente à estatística descritiva, sem a comparação das médias.

Tabela 3.8 – Tamanho médio de partículas (TMP) dos volumosos e manejo de retirada (% de silagem satisfatória para o fornecimento) de silagens de cana-de-açúcar

Variável	Tratamento		
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>
TMP, mm	12,22	11,76	9,55
Silagem satisfatória, %	91,75 <sup>A</sup>	83,98 <sup>B</sup>	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0291$ ) sobre o manejo de retirada, com maior aproveitamento da silagem controle (91,75%) se comparada àquela silagem inoculada com *L. buchneri* (83,98%).

### 3.3.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações

Na Tabela 3.9 e 3.10 estão apresentados os resultados médios referentes à composição química das rações e sobras de rações experimentais, respectivamente.

Nas rações o teor de MS foi maior ( $P < 0,0001$ ) para aquelas oriundas do tratamento FR (54,36%), seguido da silagem LB (46,76%) e o teor mais baixo (44,49%) foi verificado no tratamento contendo silagem CT.

Tanto o teor de MM ( $P < 0,0001$ ), quanto o de PB ( $P = 0,0004$ ) das rações foram maiores para o tratamento LB, seguidos do tratamento controle e para o tratamento cana-de-açúcar fresca foi verificado os menores teores, todavia, pequena variação numérica foi observada entre os tratamentos. O teor médio de MM observado foi de 5,89% MS e a média referente ao teor de PB foi de 14,15% MS.

Os tratamentos impostos sobre as fontes de volumosos foram responsáveis por determinarem menores teores ( $P < 0,0001$ ) dos nutrientes FDN e HEM das rações para o tratamento FR, teores intermediários no tratamento LB e maiores teores no tratamento CT. Os teores de FDN e HEM foram, respectivamente, de 42,09 e 17,03% MS para o tratamento FR, de 47,16 e 18,55% MS no tratamento LB e de 49,26 e 19,58% para o tratamento silagem controle.

Tabela 3.9 – Composição químico-bromatológica média das rações utilizadas para a alimentação de bovinos de corte

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
MS, %	44,49 <sup>C</sup>	46,76 <sup>B</sup>	54,36 <sup>A</sup>	48,54	0,414
MM, % MS	5,88 <sup>B</sup>	6,13 <sup>A</sup>	5,65 <sup>C</sup>	5,89	0,046
PB, % MS	14,24 <sup>B</sup>	14,86 <sup>A</sup>	13,36 <sup>C</sup>	14,15	0,171
FDN, % MS	49,26 <sup>A</sup>	47,16 <sup>B</sup>	42,09 <sup>C</sup>	46,17	0,539
FDA, % MS	29,68 <sup>A</sup>	28,62 <sup>AB</sup>	25,06 <sup>B</sup>	27,79	0,344
HEM, % MS	19,58 <sup>A</sup>	18,55 <sup>B</sup>	17,03 <sup>C</sup>	18,39	0,225
DVIVMS, %	64,13 <sup>C</sup>	65,70 <sup>B</sup>	68,95 <sup>A</sup>	66,26	0,370

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Os teores de FDA também se diferenciaram ( $P < 0,0001$ ) entre os tratamentos. O teor observado no tratamento CT (29,68% MS) foi maior que aquele do tratamento FR (25,06% MS), permanecendo o tratamento LB na posição intermediária (28,62% MS) e não diferenciando-se dos extremos.

O coeficiente de DVIVMS das rações foi diferentes ( $P < 0,0001$ ) entre os tratamentos e variaram entre 64,13% (CT) e 68,95% (FR), com valor intermediário para o tratamento LB (65,70%).

Não foi determinada diferença ( $P = 0,0840$ ) entre os tratamentos impostos às forragens no que se referiu ao teor de MM das sobras de rações experimentais, apresentando média de 5,43 % MS.



O teor de MS das sobras de rações foi maior ( $P < 0,0001$ ) para aquela oriunda do tratamento FR (57,41%), enquanto os tratamentos contendo silagens de cana-de-açúcar não se diferenciaram entre si.

Tabela 3.10 – Composição químico-bromatológica média das sobras de rações da alimentação de bovinos de corte

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
MS, %	45,20 <sup>B</sup>	47,98 <sup>B</sup>	57,41 <sup>A</sup>	50,20	1,035
MM, % MS	5,28	5,64	5,38	5,43	0,106
PB, % MS	12,72 <sup>B</sup>	13,52 <sup>A</sup>	11,38 <sup>C</sup>	12,54	0,190
FDN, % MS	59,59 <sup>A</sup>	54,79 <sup>B</sup>	46,62 <sup>C</sup>	53,66	1,037
FDA, % MS	36,21 <sup>A</sup>	33,66 <sup>B</sup>	27,58 <sup>C</sup>	32,48	0,678
HEM, % MS	23,38 <sup>A</sup>	21,13 <sup>B</sup>	19,03 <sup>C</sup>	21,18	0,363
DVIVMS, %	57,22 <sup>C</sup>	60,37 <sup>B</sup>	65,85 <sup>A</sup>	61,15	0,769

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Da mesma forma que o observado para as rações, os teores de PB, FDN, FDA e HEM apresentaram o mesmo comportamento com relação às sobras de rações. Os tratamentos que apresentaram os maiores teores desses nutrientes nas rações repetiram essa tendência e demonstraram maiores teores nas sobras de rações. Isso também foi observado para os tratamentos em que se verificaram os menores teores e os teores intermediários. Foi verificado efeito do tratamento imposto à cana-de-açúcar para PB ( $P < 0,0001$ ), FDN ( $P < 0,0001$ ), FDA ( $P < 0,0001$ ) e HEM ( $P < 0,0001$ ).

Assim como as variáveis relatadas acima, o coeficiente de DVIVMS apresentou efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ). O maior coeficiente médio de DVIVMS das sobras foi encontrado no tratamento FR (65,85%), o menor ocorreu no tratamento CT (57,22%), com o tratamento LB apresentando coeficiente intermediário (60,37%).

### 3.3.3 Estabilidade aeróbia dos volumosos e rações

Os parâmetros envolvidos na estabilidade aeróbia dos volumosos e rações experimentais estão apresentados nas Tabelas 3.11; 3.12; 3.13 e 3.14, confeccionadas de maneira a poder visualizar os efeitos do tratamento e da fonte analisada (forragem ou ração).

Tabela 3.11 – Temperatura dos volumosos exclusivos e das rações experimentais submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia

Fonte	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
H <sub>2</sub> °C, h					
Volumoso	0,0 <sup>Ba</sup>	0,0 <sup>Ba</sup>	9,3 <sup>Ab</sup>	3,1	0,30
Ração	0,0 <sup>Ba</sup>	0,0 <sup>Ba</sup>	13,0 <sup>Aa</sup>	4,3	0,30
Média	0,0	0,0	11,1	-	-
EPM	0,36	0,36	0,36	-	-
Tmax, °C					
Volumoso	45,9	43,4	40,6	43,3	1,27
Ração	50,7	38,2	45,0	44,6	1,20
Média	48,3 <sup>A</sup>	40,8 <sup>B</sup>	42,8 <sup>B</sup>	-	-
EPM	1,47	1,59	1,47	-	-
HTmax, h					
Volumoso	28,0	47,3	39,5	38,3 <sup>b</sup>	13,98
Ração	126,8	152,3	85,0	121,3 <sup>a</sup>	13,26
Média	77,4	99,8	62,3	-	-
EPM	16,24	17,54	16,24	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Com relação ao tempo para que a temperatura da massa atingisse 2°C acima da temperatura ambiente foi verificado efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ), fonte ( $P =$

0,0077) e da interação entre ambos ( $P = 0,0122$ ). Para que essa instabilidade fosse atingida a cana-de-açúcar fresca levou 9,3 horas, enquanto que a ração confeccionada com esse volumoso levou 13,0 horas. Os demais tratamentos iniciaram o ensaio com temperatura superior a  $2^{\circ}\text{C}$  do ambiente.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0071$ ) imposto aos volumosos com relação à temperatura máxima atingida pelos materiais. Neste caso o tratamento CT apresentou temperatura máxima mais elevada ( $48,3^{\circ}\text{C}$ ) que aquelas verificadas nos tratamentos LB ( $40,77^{\circ}\text{C}$ ) e FR ( $42,80^{\circ}\text{C}$ ). Porém não foi verificado efeito da fonte ( $P = 0,4542$ ), nem da interação tratamento-fonte ( $P = 0,6002$ ).

Ao avaliar o tempo, em horas, para a temperatura máxima ser atingida verificou-se que houve efeito da fonte avaliada ( $P = 0,0005$ ), não havendo efeito de tratamento ( $P = 0,3145$ ), nem mesmo da interação entre os efeitos simples ( $P = 0,3963$ ). Ao adicionar os ingredientes concentrados verificou-se que o tempo para que a máxima temperatura fosse atingida foi maior em mais de 200%.

Na Tabela 3.12 estão demonstrados os parâmetros relacionados ao pH de volumosos e rações submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia. O pH máximo foi alterado pela fonte ( $P < 0,0001$ ) avaliado, sem efeito do tratamento ( $P = 0,0663$ ) ou da interação entre tratamento e fonte ( $P = 0,0622$ ). O pH máximo atingido pela ração foi maior, na média dos tratamento, que o atingido pelos volumosos exclusivos (6,79 vs. 4,72).

Para o parâmetro  $\text{DpHmax}$  foi verificado efeito de tratamento ( $P = 0,0004$ ), fonte ( $P < 0,0001$ ) e da interação tratamento-fonte ( $P < 0,0001$ ). O número de dias para que o máximo pH fosse atingido variaram de zero (Volumoso FR) até 9,8 (Silagem LB exclusiva). No que se referiu ao efeito da interação, verificou-se que dentro dos tratamentos que se constituíam das rações, estes não se diferenciaram. Em relação aos volumosos exclusivos, o tratamento LB levou mais tempo para que o pH máximo fosse atingido. Ao isolar-se o efeito da fonte, verificou-se que houve diferença do tratamento imposto às forragens nos tratamento CT e FR, sendo o tratamento LB semelhante entre os materiais.

Tabela 3.12 – Valor de pH dos volumosos exclusivos e das rações experimentais submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia

Fonte	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
pHmax					
Volumoso	3,90	4,79	5,47	4,72 <sup>b</sup>	0,205
Ração	7,33	6,00	7,04	6,79 <sup>a</sup>	0,205
Média	5,62	5,39	6,25	-	-
EPM	0,251	0,251	0,251	-	-
DpHmax, dia					
Volumoso	2,3 <sup>Bb</sup>	9,8 <sup>Aa</sup>	0,0 <sup>Bb</sup>	4,0	0,46
Ração	9,3 <sup>Aa</sup>	7,5 <sup>Aa</sup>	9,5 <sup>Aa</sup>	8,8	0,46
Média	5,8	8,6	4,8	-	-
EPM	0,57	0,57	0,57	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Para o somatório das diferenças entre a temperatura ambiente e da massa de forragem, durante os cinco primeiros dias do ensaio de estabilidade, apenas foi observado efeito do tratamento ( $P = 0,0419$ ), sem efeito da fonte ( $P = 0,5429$ ) ou da interação ( $P = 0,6053$ ). O menor somatório da diferença entre as temperaturas foi observado no tratamento LB ( $17,2^{\circ}\text{C}$ ), enquanto os demais tratamentos não se diferenciaram entre si.

Da mesma maneira, a diferença entre as temperaturas da massa e do ambiente foram diferentes até os dez dias de exposição aeróbia e apresentaram efeitos de tratamento ( $P = 0,0031$ ) e fonte ( $P = 0,0052$ ), sem ser evidenciado em relação à interação ( $P = 0,2124$ ). O efeito de tratamento fica evidenciado também pelo tratamento contendo silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* apresentar menor somatório da diferenças entre as temperaturas ( $31,9^{\circ}\text{C}$ ), comparativamente aos tratamentos CT ( $53,3^{\circ}\text{C}$ ) e FR ( $48,8^{\circ}\text{C}$ ). Ainda, quanto à fonte, ração ou forragem, foi

significante no somatório da diferença das temperaturas, sendo menor na média das rações (37,6°C) que na média dos volumosos exclusivos (51,7°C).

Tabela 3.13 – Somatório da diferença da temperatura dos volumosos exclusivos e das rações experimentais e do ambiente aos 5 (ADITE-5) e 10 dias (ADITE-10) em ensaio de estabilidade aeróbia

Fonte	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
ADITE-5, °C					
Volumoso	26,6	20,5	26,8	24,6	2,34
Ração	27,1	13,8	27,0	22,6	2,22
Média	26,9 <sup>A</sup>	17,2 <sup>B</sup>	26,9 <sup>A</sup>	-	-
EPM	2,72	2,72	2,72	-	-
ADITE-10, °C					
Volumoso	63,7	41,3	50,3	51,7 <sup>a</sup>	3,21
Ração	42,9	22,5	47,4	37,6 <sup>b</sup>	3,05
Média	53,3 <sup>A</sup>	31,9 <sup>B</sup>	48,8 <sup>A</sup>	-	-
EPM	3,73	3,73	3,73	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Pode-se verificar as perdas de matéria seca durante os cinco ou 10 dias de ensaio de estabilidade aeróbia na Tabela 3.14.

Decorridos cinco dias do ensaio de estabilidade aeróbia foi verificada interação ( $P < 0,0001$ ) entre tratamento e fonte. Também foi observado efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ), porém sem efeito da fonte ( $P = 0,6038$ ). Ao desdobrarem-se os efeitos da interação verificou-se que dentro das rações as menores perdas de MS ocorreram no tratamento LB (4,87%), seguido pelo tratamento CT (11,17%) e por último o tratamento FR (22,18%). Numericamente a tendência foi semelhante para o isolamento dos tratamentos em que as forragens foram submetidas, todavia, os tratamentos CT e LB não foram estatisticamente diferentes, sendo que estes apresentaram menores perdas

que o tratamento FR (16,84%). Dentro dos tratamentos impostos foram observadas diferenças entre forragem e ração nos tratamentos LB e FR.

Tabela 3.14 – Perda de matéria seca dos volumosos exclusivos e das rações experimentais submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia durante 5 (PMS0-5) e 10 dias (PMS0-10)

Fonte	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
PMS0-5, %					
Volumoso	11,05 <sup>Ba</sup>	9,40 <sup>Ba</sup>	16,84 <sup>Ab</sup>	12,43	0,471
Ração	11,29 <sup>Ba</sup>	4,87 <sup>Cb</sup>	22,18 <sup>Aa</sup>	12,78	0,471
Média	11,17	7,14	19,51	-	-
EPM	0,577	0,577	0,577	-	-
PMS0-10, %					
Volumoso	17,85	14,21	24,32	18,79 <sup>b</sup>	0,867
Ração	21,26	12,89	30,39	21,51 <sup>a</sup>	0,867
Média	19,55 <sup>B</sup>	13,55 <sup>C</sup>	27,36 <sup>A</sup>	-	-
EPM	1,062	1,062	1,062	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Com relação às perdas de MS até os 10 dias de ensaio, foram observados efeitos isolados de tratamento ( $P < 0,0001$ ) e fonte ( $P = 0,0397$ ). O tratamento LB apresentou o menor percentual de perdas até os 10 dias (13,55%), seguido do tratamento CT (19,55%) e o tratamento de maiores perdas de MS foi o tratamento FR (27,36%). Os volumosos apresentaram na média dos tratamentos menores perdas (18,79%) que as rações a que deram origem (21,51%).

### 3.3.4 Desempenho de animais

Nas Tabelas 3.15; 3.16 e 3.17 estão demonstrados os resultados do desempenho de bovinos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada.

Foi verificado efeito do período experimental ( $P < 0,0001$ ) sobre o ganho de peso médio diário (GPD) dos animais, apresentando maiores ganhos de peso diários no primeiro período experimental (1,105 kg), seguido do segundo e terceiro períodos, 0,822 e 0,760 kg, respectivamente. Não se verificou efeito de tratamento ( $P = 0,6034$ ), nem da interação tratamento-período ( $P = 0,7909$ ).

Tabela 3.15 – Efeito do período experimental sobre o ganho de peso médio diário (GPD) e a eficiência alimentar (EA) de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Variável	Período experimental			Média	EPM <sup>1</sup>
	I	II	III		
GPD, kg	1,105 <sup>A</sup>	0,822 <sup>B</sup>	0,760 <sup>B</sup>	0,896	0,0589
EA, kg GPD/kg IMS	0,132 <sup>A</sup>	0,096 <sup>B</sup>	0,088 <sup>B</sup>	0,105	0,0059

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey-Kramer.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

Da mesma forma, a eficiência alimentar (EA) apresentou efeito de período ( $P < 0,0001$ ), porém sem efeito de tratamento ( $P = 0,2961$ ) e da interação (0,6997). O comportamento foi semelhante ao GPD, com maior eficiência média no primeiro (0,132 kg GPD/kg IMS), seguido do segundo e terceiro (0,096 e 0,088 kg GPD/kg IMS) períodos.

Não foi verificado efeito de tratamento para GPD ( $P = 0,6034$ ), para a ingestão de matéria seca, tanto mensurada em kg/dia ( $P = 0,1479$ ), quanto em relação ao percentual do peso vivo/dia ( $P = 0,0714$ ). Ainda não se verificou efeito do tratamento aplicado à forragem para a eficiência alimentar ( $P = 0,2961$ ). Os resultados médios estão apresentados na Tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Efeito do tratamento aplicado à forragem sobre as variáveis de desempenho animal de tourinhos Nelore recebendo como volumosos da ração cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
GPD, kg	0,879	0,877	0,931	0,896	0,0589
IMS, kg/dia	8,36	8,85	8,40	8,54	0,225
IMS, % PV/dia	1,83	1,93	1,84	1,87	0,049
EA, kg GPD/kg IMS	0,105	0,100	0,111	0,105	0,0059

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Nas duas formas de mensuração da ingestão de matéria seca, quantidade ingerida ou em relação ao percentual do PV, foi verificada interação entre tratamento e período experimental ( $P < 0,0353$  e  $P < 0,0258$ , respectivamente). Os desdobramentos dessas interações estão demonstrados na Tabela 3.17.

No período III pode-se verificar que o tratamento FR apresentou menor consumo de ração, fato que não foi verificado nos demais períodos. Dentro do tratamento LB foi verificado que houve diferença para o primeiro período com menor ingestão de MS.

Essa variável, mensurada em relação ao percentual do PV/dia, mostrou que em dois tratamentos (CT e FR) foi verificado que o terceiro período apresentou menor IMS. A variação dos tratamentos dentro dos períodos apresentou comportamento mais aleatório sem padrão definido.



Tabela 3.17 – Desdobramento de interações para a ingestão de matéria seca da ração pelo animais

Período	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
IMS, kg/dia					
I	8,21 <sup>Aa</sup>	8,44 <sup>Ab</sup>	8,40 <sup>Aa</sup>	8,35	0,179
II	8,30 <sup>Aa</sup>	8,98 <sup>Aa</sup>	8,46 <sup>Aa</sup>	8,58	0,179
III	8,56 <sup>ABa</sup>	9,12 <sup>Aa</sup>	8,35 <sup>Ba</sup>	8,68	0,179
Média	8,36	8,85	8,40	-	-
EPM	0,225	0,225	0,225	-	-
IMS, % PV/dia					
I	1,90 <sup>Aa</sup>	1,95 <sup>Aa</sup>	1,94 <sup>Aa</sup>	1,93	0,044
II	1,81 <sup>Aab</sup>	1,95 <sup>Aa</sup>	1,84 <sup>Ab</sup>	1,86	0,044
III	1,79 <sup>ABb</sup>	1,90 <sup>Aa</sup>	1,74 <sup>Bc</sup>	1,81	0,044
Média	1,83	1,93	1,84	-	-
EPM	0,049	0,049	0,049	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

### 3.3.5 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT dos volumosos

Na Tabela 3.18 estão apresentadas as estimativas do ganho de peso médio diário, da ingestão de matéria seca e do teor de nutrientes digestíveis totais das silagens de cana-de-açúcar (CT e LB) e da cana-de-açúcar fresca e picada, com base nas predições pelo *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996). Esses foram calculados de maneira que os ganhos de peso estimados pelo programa fossem iguais aos ganhos observados, para isso, fixou-se a ingestão percentual de cada ingrediente da ração.

Os efeitos de bloco verificados para o GPD observado ( $P = 0,0457$ ), GPD estimado ( $P = 0,0404$ ), relação GPDob:GPDest ( $P = 0,0016$ ), IMS estimada ( $P = 0,0009$ ) e NDT estimado dos volumosos ( $P = 0,0031$ ) confundiu-se com o efeito do

peso vivo inicial dos animais e não foi possível estabelecer uma relação funcional. As demais variáveis não apresentaram efeito de bloco ( $P > 0,05$ ).

Tabela 3.18 – Desempenho animal e valores energéticos estimados em silagens de cana-de-açúcar e da cana-de-açúcar *in natura*, por meio de simulação realizada pelo programa NRC (1996)

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
GPD observado, kg	0,88	0,88	0,93	0,90	0,059
GPD estimado, kg	0,70 <sup>B</sup>	0,85 <sup>A</sup>	0,91 <sup>A</sup>	0,82	0,028
Rel. GPDob:GPDest	1,26 <sup>A</sup>	1,04 <sup>B</sup>	1,02 <sup>B</sup>	1,10	0,044
IMS observada, kg/dia	8,36	8,85	8,40	8,54	0,225
IMS estimada, kg/dia	9,81 <sup>A</sup>	9,70 <sup>A</sup>	9,51 <sup>B</sup>	9,67	0,041
Rel. IMSob:IMSest	0,85	0,91	0,88	0,88	0,015
NDT est. forragem, % MS	59,42	54,00	62,50	58,64	2,400

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Não houve efeito de tratamento sobre o GPD observado ( $P = 0,6024$ ). Foi verificado efeito de tratamento ( $P = 0,0007$ ) para o GPD estimado por conta da alimentação do programa com o valor de IMS observada. Dessa maneira, foi verificado que o GPD estimado foi menor para o tratamento CT (0,70 kg) que aqueles estimados para os tratamentos LB (0,85 kg) e FR (0,91 kg).

A relação entre os GPD observados e estimados também apresentou efeito de tratamento, como pode ser observado na Tabela 3.18 e na Figura 3.2, demonstrando que a os ganhos estimados foram mais próximos dos observados nos tratamentos contendo silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* (1,04) e cana-de-açúcar fresca (1,02). No entanto o tratamento representado pela silagem controle apresentou-se com estimativa menos precisa ( $P = 0,0067$ ) que os tratamentos acima citados.

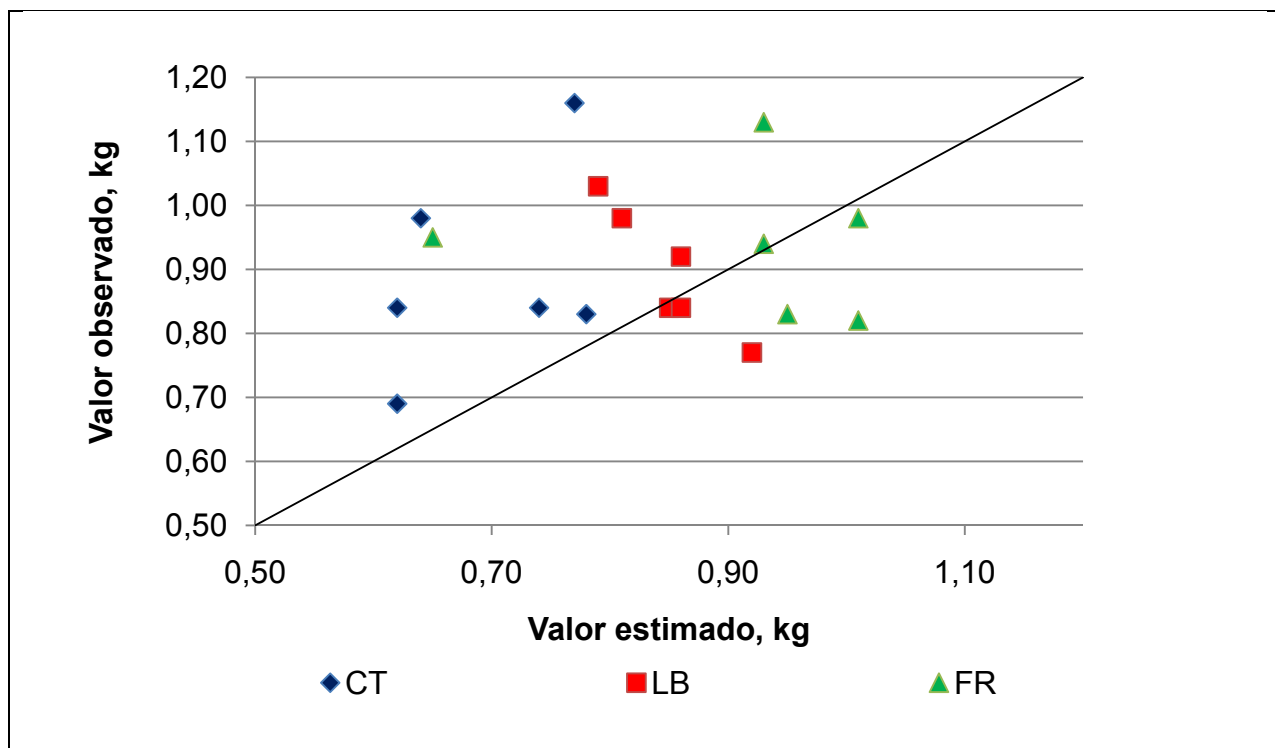


Figura 3.2 – Valores de GPD (kg) estimados pelo NRC (1996) e observados em tourinhos Nelore, alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Observa-se na Figura 3.2 que os valores de GPD observados nos animais estiveram acima daqueles estimados pelo NRC (1996) para todos os tratamentos avaliados.

Foi observada diferença ( $P = 0,0013$ ) em IMS estimada pelo NRC (1996) nos animais que receberam as diferentes rações experimentais. Os tratamentos contendo como volumoso a silagem de cana-de-açúcar apresentaram IMS estimadas maiores que no tratamento em que o volumoso consistia-se de cana-de-açúcar fresca.

Na Tabela 3.18 ainda é possível se verificar que nas variáveis NDT estimado dos volumosos ( $P = 0,0836$ ) e relação entre a IMS observada e estimada ( $P = 0,0666$ ) não foram detectados efeitos de tratamento, sendo observada apenas tendências, apresentando médias de 58,64% e 0,88, respectivamente. A relação entre as IMS observadas e estimadas está apresentada também na Figura 3.3 e é possível observar que o NRC (1996) superestimou as ingestões de ração de todos os tratamentos.

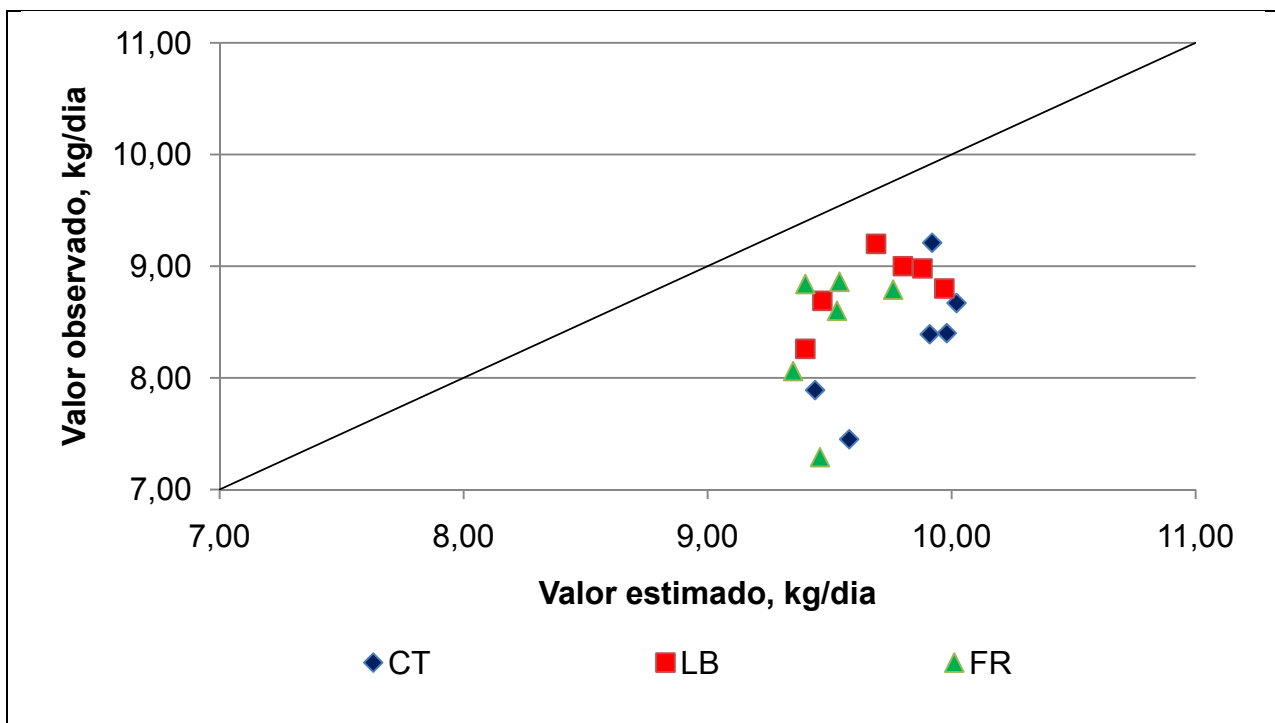


Figura 3.3 – Valores de IMS (kg/dia) estimados pelo NRC (1996) e observados em tourinhos Nelore, alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Na Tabela 3.19 estão apresentados os cálculos de  $EL_m$  e  $EL_g$ , tanto os observados e baseados nas fórmulas descritas por Zinn e Shen (1998), adaptadas por Pereira (2005), quanto aqueles oriundos de estimativas fornecidas pelo *software* NRC (1996).

Com exceção dos valores estimados pelo NRC (1996) que foram únicos e, portanto, não possibilitaram análise estatística, foram observados efeitos de bloco para todas as variáveis:  $EL_m$  observada ( $P = 0,0022$ ),  $EL_g$  observada ( $P = 0,0029$ ) e relações entre os valores observados e estimados para  $EL_m$  ( $P = 0,0020$ ) e  $EL_g$  ( $P = 0,0017$ ). Neste caso também há possibilidade de confundimento com o efeito do peso vivo inicial dos animais, não sendo possível estabelecer uma relação funcional.

Não houve efeito de tratamento ( $P = 0,0651$ ) para a variável  $EL_m$  observada sendo a média 1,70 Mcal/kg. Também para a variável  $EL_g$  não foi encontrado efeito de tratamento ( $P = 0,0619$ ), com média de 1,08 Mcal/kg.

Tabela 3.19 – Valores de energia líquida (EL) observadas e estimadas das rações contendo cana-de-açúcar ensilada ou *in natura*

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
	Valores observados <sup>5</sup>				
EL <sub>m</sub> , Mcal/kg	1,71	1,64	1,75	1,70	0,031
EL <sub>g</sub> , Mcal/kg	1,09	1,02	1,13	1,08	0,028
	Valores estimados <sup>6</sup>				
EL <sub>m</sub> , Mcal/kg	1,67	1,73	1,86	1,75	-
EL <sub>g</sub> , Mcal/kg	0,90	0,95	1,06	0,97	-
	Relação valores observados : valores estimados				
EL <sub>m</sub>	1,02 <sup>A</sup>	0,95 <sup>B</sup>	0,94 <sup>B</sup>	0,97	0,017
EL <sub>g</sub>	1,21 <sup>A</sup>	1,07 <sup>B</sup>	1,07 <sup>B</sup>	1,11	0,027

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média; <sup>5</sup> Valores determinados por meio das equações de Zinn e Shen (1998), adaptadas por Pereira (2005), <sup>6</sup> Valores obtidos pelo *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996) para DOS<sup>®</sup>.

Para as relações entre os valores de EL (de manutenção e de ganho) observados e estimados foram determinados efeitos de tratamento. A relação da EL<sub>m</sub> foi maior ( $P = 0,0088$ ) no tratamento CT (1,02) que nos tratamentos LB (0,95) e FR (0,94). A relação da EL<sub>g</sub> também foi maior ( $P = 0,0046$ ) no tratamento CT (1,21) que nos tratamentos LB (1,07) e FR (1,07). Entretanto, na média dos tratamentos, o valor de EL<sub>m</sub> estimado pelo NRC (1996) foi maior que o observado, enquanto o programa subestimou os valores de EL<sub>g</sub> das rações.

### 3.3.6 Comportamento de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Nas Tabelas 3.20; 3.21 e 3.22 estão demonstrados os resultados oriundos da observação do comportamento dos animais.

As variáveis associadas à ingestão de MS e de FDN nos dias dessas observações estão apresentados na Tabela 3.20. Foi observado efeito dos tratamentos aplicados aos volumosos na IMS ( $P = 0,0307$ ) e na IFDN ( $P = 0,0260$ ).

Tabela 3.20 – Ingestão de matéria seca (IMS) e de FDN (IFDN) de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Variável	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
IMS, kg/dia	8,67 <sup>B</sup>	9,75 <sup>A</sup>	9,54 <sup>A</sup>	9,32	0,270
IFDN, kg/dia	4,19 <sup>AB</sup>	4,48 <sup>A</sup>	3,85 <sup>B</sup>	4,17	0,145

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

No que se referiu à ingestão de MS foi verificado que a maior IMS aconteceu nos tratamentos LB (9,75 kg MS/dia) e FR (9,54 kg MS/dia), que se diferenciaram da IMS observada no tratamento CT (8,67 kg MS/dia).

A ingestão média diária de FDN pelos animais variou de 3,85 (FR) a 4,48 kg FDN/dia (LB), sendo o tratamento CT com valor intermediário (4,19 kg FDN/dia) e não diferente dos demais.

Os parâmetros que estão associados ao comportamento dos animais após o fornecimento das rações experimentais, em minutos por dia e minutos nas oito horas iniciais depois de fornecidas as rações estão apresentados na Tabela 3.21.

Verificou-se efeito do tratamento em todos os parâmetros observados no comportamento circadiano dos animais. Houve efeito do tratamento no tempo total em que os animais ficaram ingerindo ração ( $P = 0,0138$ ), no tempo total em que os animais permaneceram bebendo água ( $P = 0,0215$ ), no tempo total em que os animais ruminaram ( $P = 0,0009$ ), no tempo em que permaneceram mastigando ( $P = 0,0003$ ) e no tempo total em que ficaram sem atividade definida, ou em ócio ( $P = 0,0002$ ).

A atividade do animal bebendo é muito fugaz e sujeita a grande variação individual. Com exceção desta atividade, as demais atividades comportamentais

diferenciaram-se entre os animais que receberam rações contendo silagem de cana-de-açúcar e a forragem fresca e picada.

Tabela 3.21 – Comportamento de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Parâmetro	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
	Minutos/24 horas				
Ingerindo ração	140 <sup>A</sup>	138 <sup>A</sup>	106 <sup>B</sup>	128	8,7
Bebendo	4 <sup>B</sup>	9 <sup>A</sup>	5 <sup>B</sup>	6	1,3
Ruminando	470 <sup>A</sup>	481 <sup>A</sup>	393 <sup>B</sup>	448	13,8
Mastigando	610 <sup>A</sup>	619 <sup>A</sup>	499 <sup>B</sup>	576	17,1
Ócio	826 <sup>B</sup>	812 <sup>B</sup>	936 <sup>A</sup>	858	17,1
	Minutos/8 horas iniciais				
Ingerindo ração	89 <sup>A</sup>	81 <sup>A</sup>	53 <sup>B</sup>	74	6,3
Bebendo	2 <sup>B</sup>	5 <sup>A</sup>	3 <sup>AB</sup>	3	0,8
Ruminando	106 <sup>AB</sup>	122 <sup>A</sup>	87 <sup>B</sup>	105	5,2
Mastigando	195 <sup>A</sup>	203 <sup>A</sup>	140 <sup>B</sup>	179	9,3
Ócio	283 <sup>AB</sup>	272 <sup>B</sup>	337 <sup>A</sup>	298	9,4

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

O tempo total de ingestão foi maior para os animais que receberam silagens CT (140 min/dia) e LB (138 min/dia) que para os animais alimentados com ração contendo cana-de-açúcar fresca (106 min/dia).

O mesmo comportamento foi observado para o tempo total em que os animais permaneceram ruminando. Com 470 e 481 min/dia despendidos nesta atividade para os tratamentos CT e LB, os quais se diferenciaram do tratamento composto por cana-de-açúcar fresca (393 min/dia).

O tempo total de mastigação também foi maior para os tratamentos CT (610 min/dia) e LB (619 min/dia) e menor para o tratamento FR (499 min/dia).

Seguindo o mesmo comportamento, porém de forma oposta, os animais que receberam cana-de-açúcar ensilada apresentaram menor tempo total em ócio (826 min/dia para o tratamento CT e 812 min/dia para o tratamento LB) que aquele observado no tratamento FR (936 min/dia).

A avaliação do comportamento dos animais nas oito primeiras horas seguiu de forma semelhante ao observado no tempo total de 24 horas. Foi observado efeito de tratamento para todos os parâmetros avaliados.

O tempo de ingestão na fase inicial foi maior ( $P = 0,0023$ ) para os tratamentos CT (89 min/8 h) e LB (81 min/8 h) e menor no tratamento FR (53 min/8 h).

O tempo gasto em ruminação na fase inicial foi maior ( $P < 0,0001$ ) em animais alimentados com a ração contendo silagem inoculada com *L. buchneri* (122 min/8 h) e menor para a ração que continha cana-de-açúcar fresca (87 min/8 h), com o tratamento contendo silagem controle atingindo valor intermediário (106 min/8 h) e não diferenciando-se dos extremos.

O tempo despendido em mastigação nas 8 horas iniciais foi maior ( $P = 0,0003$ ) nos tratamentos CT (195 min/8 h) e LB (203 min/8 h), sendo diferente do tratamento FR, tratamento no qual foi observado o menor tempo gasto com mastigação (140 min/8 h).

De maneira complementar às demais atividades comportamentais, o tempo de ócio durante as oito horas iniciais foi diferente entre os tratamentos ( $P = 0,0019$ ). O tempo variou de 272 (LB) a 337 min/8h iniciais (FR), sendo o tratamento CT estatisticamente semelhante entre estes (283 min/8 h).

A Tabela 3.22 apresenta os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação das rações avaliadas e expressas em minutos/kg MS e minutos/kg FDN.

Foi verificado efeito do tratamento sobre os parâmetros de tempo relativos (min/kg MS) de ingestão ( $P = 0,0132$ ), de ruminação ( $P < 0,0001$ ) e de mastigação ( $P < 0,0001$ ). Os animais que receberam rações contendo silagem controle se mantiveram por mais tempo nas atividades de ingestão, ruminação e mastigação, respectivamente com 16,2; 54,6 e 70,8 min/kg MS ingerida. Aqueles que receberam cana-de-açúcar fresca e picada como volumoso dessas rações permaneceram por menor tempo nessas atividades. O tempo relativo de ingestão foi de 11,1 min/kg MS, o de ruminação foi de



40,9 min/kg MS e o de mastigação foi de 52 min/kg MS ingerida. O tratamento contendo ração LB permaneceu com tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação intermediários.

Tabela 3.22 – Tempos relativos de ingestão, de ruminação e de mastigação de tourinhos Nelore alimentados com rações contendo cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada

Parâmetro	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
Minutos/kg MS ingerida					
Ingestão	16,2 <sup>A</sup>	14,1 <sup>AB</sup>	11,1 <sup>B</sup>	13,8	1,05
Ruminação	54,6 <sup>A</sup>	49,5 <sup>B</sup>	40,9 <sup>C</sup>	48,3	1,26
Mastigação	70,8 <sup>A</sup>	63,6 <sup>B</sup>	52,0 <sup>C</sup>	62,1	1,93
Minutos/kg FDN ingerido					
Ingestão	33,4	30,7	27,5	30,5	2,26
Ruminação	112,6 <sup>A</sup>	107,4 <sup>AB</sup>	101,2 <sup>B</sup>	107,1	2,88
Mastigação	145,8 <sup>A</sup>	138,1 <sup>AB</sup>	128,7 <sup>B</sup>	137,6	4,24

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Os tempos relativos de ingestão, de ruminação e mastigação em função da quantidade de FDN ingerido também podem ser observados na Tabela 3.22. Verifica-se que não houve efeito do tratamento ( $P = 0,2058$ ) sobre o tempo relativo de ingestão em função do FDN, apresentando média de 30,5 min/kg FDN ingerido. Entretanto, foi verificado efeito de tratamento para o tempo relativo de ruminação ( $P = 0,0404$ ) e de mastigação ( $P = 0,0349$ ).

Os animais alimentados com rações contendo silagem de cana-de-açúcar sem aditivização apresentaram os maiores tempos relativos de ruminação (112,6 min/kg FDN) e mastigação (145,8 min/kg FDN). Os animais que receberam as rações do tratamento FR apresentaram os menores tempos relativos de ruminação (101,2 min/kg FDN) e

mastigação (128,7 min/kg FDN). O tratamento LB apresentou valores intermediários que não se diferenciaram destes valores extremos.

### 3.3.7 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais

As médias de parâmetros de abate, carcaça e da qualidade da carne de bovinos abatidos após receberem cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada como fonte de volumoso nas rações estão demonstradas na Tabela 3.23.

Tabelas 3.23 – Parâmetros de abate, da carcaça e da qualidade da carne de bovinos que receberam silagens de cana-de-açúcar ou cana-de-açúcar *in natura* como volumosos da ração

Parâmetros	Tratamento			Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	FR <sup>3</sup>		
Peso final, kg	486	487	491	488	12,0
PCQ, kg	269	272	271	271	7,1
RC, %	55,35	55,85	55,19	55,46	0,253
GGT, U/L	11,57	11,14	12,61	11,77	0,658
pH1h	6,60	6,61	6,69	6,63	0,041
T1h, °C	36,7	35,9	36,8	36,47	0,28
pH24h	6,35	6,29	6,27	6,30	0,063
T24h, °C	7,7 <sup>A</sup>	7,4 <sup>B</sup>	7,6 <sup>A<sup>B</sup></sup>	7,6	0,06
AOL, cm <sup>2</sup>	67,88 <sup>C</sup>	69,35 <sup>B</sup>	74,55 <sup>A</sup>	70,59	0,092
EGS, cm	3,7	4,4	4,4	4,2	0,34
Marmoreio	Slight+	Small	Slight+	-	-
PAC, %	11,47	10,35	10,13	10,65	0,862
Força cisalhamento, kg	3,72	3,47	3,76	3,65	0,257

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Os parâmetros: peso final, peso da carcaça quente, rendimento de carcaça, atividade enzimática da GGT, mensuração do pH da carcaça depois de uma ou 24 horas do abate, mensuração da temperatura da carcaça depois de uma hora do abate, espessura da gordura subcutânea, perda de água ao cozimento e força de cisalhamento não apresentaram efeito do tratamento ( $P > 0,05$ ).

A temperatura depois de 24 horas do abate foi maior ( $P = 0,0311$ ) na carcaça de animais que receberam a ração contendo silagem de cana-de-açúcar controle ( $7,7^{\circ}\text{C}$ ) que aquelas oriundas de carcaça de animais que receberam os tratamentos LB ( $7,4^{\circ}\text{C}$ ) e FR ( $7,6^{\circ}\text{C}$ ).

Com relação à área de olho de lombo (AOL) também foi verificado efeito do tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre esse parâmetro. Os animais do tratamento FR apresentaram maior AOL ( $74,55\text{ cm}^2$ ), seguidos do tratamento LB ( $69,35\text{ cm}^2$ ) e a menor AOL média foi observada no tratamento CT ( $67,88\text{ cm}^2$ ).

### **3.4 Discussão**

#### **3.4.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas dos volumosos e manejo de retirada das silagens**

A composição químico-bromatológica dos volumosos está apresentada na Tabela 3.7. Nela se constata que para algumas variáveis houve efeito da semana de amostragem como descrito anteriormente (seção 3.3.1).

As fontes de cana-de-açúcar oriundas de silagens apresentaram teores de matéria seca (MS) mais baixos que aquele observado na cana-de-açúcar *in natura*. Não foi coletado material no momento da ensilagem, entretanto, como a cana-de-açúcar *in natura* era proveniente do mesmo talhão de onde foram colhidas as plantas para ensilagem e pode-se notar que houve tendência de se reduzir o teor de MS com a ensilagem.

Esse fato foi demonstrado em várias ocasiões relatadas em literatura. Queiroz (2006) colheu a cana-de-açúcar para ensilagem com 30% de MS e na abertura dos seus silos experimentais o teor médio foi de 23,12%. Ainda que colhida com teor de MS

mais elevado, Siqueira (2005) verificou que o teor passou de 35,3% para 30%, em média, na abertura. Pedroso et al. (2005) verificaram que o teor de MS era de 34,5% no dia da ensilagem e com o processo fermentativo ele foi declinando até chegar aos 25,5% aos 180 dias de fermentação. O teor de MS, tanto da cana-de-açúcar fresca, quanto das silagens estão próximos dos verificados por Junqueira (2006), Schmidt (2006), Santos (2007), dentre outros.

Normalmente, verifica-se que ocorre aumento no teor de minerais com a utilização de carboidratos solúveis em água (CHO's) no processo fermentativo. Mesmo com o consumo de CHO's observado, comparando-se o teor verificado na cana-de-açúcar *in natura* e nas silagens, não houve diferença no teor de matéria mineral (MM) entre as três fontes de forragem. Embora não se tenha coletado amostras no momento da ensilagem, é de se supor que o teor inicial de CHO's estivesse próximo ao determinado para a cana-de-açúcar *in natura*.

O incremento da fração mineral é mais evidente quando utilizados aditivos químicos, como foi observado por Santos (2007), Amaral (2007) e também como descrito no capítulo 4 desta tese. Quando ocorre utilização de aditivos microbianos o incremento é reduzido, com teor não superior a 4,0% da MS (JUNQUEIRA, 2006; QUEIROZ, 2006; SCHMIDT, 2006).

O teor de MM verificado neste estudo pode ser considerado baixo quando comparado aos obtidos por Pedroso et al. (2006), Junqueira (2006). Porém Schmidt (2006) verificou em silos do tipo *bag* contendo cana-de-açúcar teor médio próximo do aqui observado (2,3% de MM na MS).

Apesar da cana-de-açúcar *in natura* ser colhida ao longo do tempo e, dessa forma, sofrer alteração em sua composição de forma diferenciada da cana-de-açúcar colhida no início do experimento para ensilagem, a variação dos nutrientes pode ser considerada pequena com o avanço da maturidade, especialmente ao levar em conta o número de dias em que o experimento foi conduzido.

Também na Tabela 3.7 pode-se observar o teor de proteína bruta (PB) dos volumosos estudados que compuseram as rações experimentais. Comparando-se as silagens (CT e LB) com a fonte de cana-de-açúcar fresca, verificou-se que as primeiras apresentaram valores numéricos ligeiramente superiores (média 4,72% de PB) ao

encontrado para a fonte *in natura* (2,91% de PB na MS). Este fato pode ser decorrente do uso de CHO's, uma vez que este nutriente passou de 25,51% na cana-de-açúcar fresca para teor de 6,21 e 11,24% nos tratamentos CT e LB, respectivamente. Uma vez que parte dos CHO's é utilizada para gerar subprodutos da fermentação, ocorre aumento relativo da fração residual, promovendo este fato observado.

Os componentes estruturais (FDN e FDA), bem como a porção hemicelulose (HEM) também se apresentaram mais elevados (Tabela 3.7) nas silagens, comparados à cana-de-açúcar *in natura*. Este fato também pode ser decorrente do aumento relativo dessas frações ocorridas em virtude da depleção dos CHO's pelos microrganismos das plantas.

As três frações fibrosas apresentaram os maiores teores no tratamento CT (silagem de cana-de-açúcar sem inoculação), seguido do tratamento contendo silagem inoculada com *L. buchneri* (LB) e o tratamento com o menor teor foi aquele contendo cana-de-açúcar fresca e picada (FR). Os teores de FDN, FDA e HEM foram, respectivamente, de 70,56; 42,62 e 27,94% para o tratamento CT; 65,71; 40,34 e 25,37% para o tratamento LB e 57,67; 33,06 e 24,61% para o tratamento FR. O aumento relativo da fração FDN da silagem LB comparada à cana-de-açúcar *in natura* foi de 8,04 unidades percentuais e na silagem CT esse aumento foi 12,89 unidades percentuais maior. Esses percentuais são maiores que os preconizados por Rotz e Muck (1994) que relatam aumentos médios entre um e seis unidades percentuais em relação aos teores originais encontrados em forragens frescas.

Existem estudos que demonstram a ação de enzimas fibrolíticas da própria planta sobre os componentes fibrosos. Entretanto, essa ação é mais efetiva entre valores de pH variando de 4,0 a 6,0 e a atuação é prejudicada quando o pH do meio é inferior a 4,0 (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Por manter o pH em faixa superior a este valor, por conta da menor produção de ácido láctico (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999), a inoculação com LB pode ter favorecido a ação de enzimas fibrolíticas presentes nas plantas.

Na comparação entre as fontes de silagem e a fonte de cana-de-açúcar *in natura*, existem evidências que sugerem que poderia ter havido ação de enzimas com capacidade de degradar a HEM. Embora não tenham sido verificadas diferenças

estatísticas, pode-se observar que no cômputo total das fibras, a hemicelulose apresentou-se em maior percentual na cana-de-açúcar fresca (42,67% de HEM no FDN) que nas silagens controle (39,59% de HEM no FDN) e inoculada (38,60% de HEM no FDN).

Estudando o fornecimento de rações contendo silagens de cana-de-açúcar para novilhas em crescimento, Junqueira (2006) verificou que o teor de FDN encontrado para as silagens inoculadas com LB foi de 55,11% da MS, sendo que originalmente a cana-de-açúcar apresentava 49,24%, um aumento de quase 12% nessa fração. Para a fração FDA o aumento foi de cerca de 18%, sendo que a cana-de-açúcar que originalmente apresentava 28,38% de FDA na MS, passou a apresentar teor médio de 33,54% no tratamento com inoculação de LB.

Queiroz (2006) estudou o desempenho de vacas em lactação recebendo cana-de-açúcar ensilada com *L. buchneri* ou *in natura* como fonte de volumoso em substituição à silagem de milho em rações de mistura total. As silagens inoculadas apresentaram teores de FDN e FDA de 53,48 e 30,53%, respectivamente, sendo os valores observados para a cana-de-açúcar *in natura* próximos, 52,38 e 30,31%. Dessa forma, verificou-se pequena alteração dessas frações no estudo conduzido pelo autor. De forma oposta ao ocorrido no estudo aqui descrito, a alteração entre a cana-de-açúcar *in natura* e as fontes oriundas de silagem foi mais expressiva.

Os teores de fração fibrosa observados nos capítulo quarto desta tese apresentaram-se mais baixos que os descritos nesta seção. Em ambos tratamentos, CT e LB, o teor de FDN foi seis pontos percentuais mais elevado que o verificado na Tabela 4.7, quanto ao FDA essa elevação foi menor, cerca de duas unidades percentuais.

Comparativamente aos resultados verificados na literatura consultada, os teores de componentes fibrosos encontram-se elevados neste estudo, especialmente aquele observado no tratamento CT (70,56% de FDN e 42,62% de FDA na MS). Schmidt (2006) verificou que as silagens apresentaram teor de FDN médio de 56,4% da MS, ou seja, valor próximo do observado para a cana-de-açúcar fresca e picada, antes dos CHO's serem consumidos.

Ao avaliarem a cana-de-açúcar queimada e ensilada com aditivos químicos e microbiano, Pedroso et al. (2006) determinaram teor de FDN médio de 52,08% e de FDA de 36,85% da MS, valores abaixo dos observados neste estudo.

O teor de carboidratos solúveis em água (CHO's) também foi alterado pela ensilagem, sendo diferente, inclusive entre os tratamentos ensilados. Na Tabela 3.7, o teor de CHO's da cana-de-açúcar fresca de 25,51%, supostamente próximo ao da cana-de-açúcar colhida durante o processo de ensilagem, após sofrer fermentação atingiu teor não superior a 11,24%, sendo convertidos, principalmente, em ácidos graxos de cadeia curta, ácido láctico e etanol (Tabela 3.7).

De acordo com Alli et al. (1983), o aumento da recuperação de CHO's e a redução do teor de etanol, ambos observados na Tabela 3.7 para o tratamento LB, são fortes indicativos da ação efetiva da inoculação sobre a queda na população de fungos e leveduras em silagens de cana-de-açúcar.

O teor de CHO's solúveis das silagens apresentou-se com 24% (CT) ou 44% (LB) do teor encontrado na cana-de-açúcar *in natura*. A comparação entre os tratamentos contendo cana-de-açúcar ensilada demonstra que a inoculação promoveu recuperação de CHO's 81% maior que a silagem controle, justificando, dessa forma, a efetiva ação desse microrganismo em melhorar o perfil fermentativo da silagem de cana-de-açúcar, uma vez que apresentou redução no teor de etanol analisado de 0,77 para 0,50% da MS.

Os teores de CHO's determinados nas silagens apresentaram-se elevados comparativamente aos resultados relatados na literatura. Queiroz (2006) verificou que as silagens de cana-de-açúcar, por ele avaliadas, apresentaram teor médio de CHO's de 4,20% da MS.

Santos (2007) verificou que o teor de CHO's médio na cana-de-açúcar *in natura* era de 21,89%, passando a 2,98% na silagem controle, o tratamento que apresentou maior recuperação foi o adicionado de calcário na dose de 1% da MV com teor final de 9,28% de CHO's na MS. A redução em relação à cana-de-açúcar fresca determinada por Schmidt (2006) foi de cerca de 50%, sem diferença entre os tratamentos testados pelo autor.

Junqueira (2006) verificou que do teor inicial de CHO's na cana-de-açúcar *in natura* (20,55% da MS), as silagens apresentaram alta recuperação, apresentando teor final variando de 11,47% (silagem com 1% de uréia) a 16,78% (silagem com 2% de uréia). A silagem em que o *L. buchneri* foi inoculado apresentou 13,34% de CHO's na MS, valor superior ao encontrado no presente estudo.

No presente estudo, com base na composição química descrita pode-se observar que houve diferença entre os tratamentos com relação à digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) como demonstra a Tabela 3.7. Pode-se observar que o tratamento que apresentou o menor teor de componentes fibrosos foi aquele que apresentou o maior teor de CHO's e vice-versa, demonstrando condizer com as variações verificadas na composição química das fontes de volumosos.

Como esperado, o tratamento FR apresentou maior coeficiente de DVIVMS, uma vez que é sabido que perdas ocorrem durante a ensilagem e o melhor valor nutritivo é alcançado na forragem fresca. Esse tratamento apresentou menor teor de componentes fibrosos e maior teor de CHO's solúveis, promovendo assim, maior coeficiente médio de DVIVMS (59,58%).

De forma inversa, o tratamento CT apresentou o maior teor de FDN e FDA (70,56 e 42,62% da MS, respectivamente), sendo que pouco CHO's foi preservado (6,21% da MS). Dessa forma, o menor coeficiente de DVIVMS foi determinado nesse tratamento (47,23%). O tratamento oriundo de silagem inoculada (LB) apresentou coeficiente de DVIVMS intermediário (50,63%).

Ao avaliar a cana-de-açúcar ensilada, em silos do tipo poço, com uréia, benzoato de sódio, *L. buchneri* e *L. plantarum*, Schmidt (2006) verificou coeficiente de DVIVMS mais baixo que o aqui determinado, variando de 41,4 a 45,6%.

Siqueira (2005), em estudo de cana-de-açúcar ensilada em silos experimentais, verificou coeficiente de DVIVMS bem inferior, com 35,1; 34,6; 48,4; 37,7 e 39,7% para as silagens controle, inoculada com *Propionibacterium acidipropionici* ou com *L. buchneri*, aditivada com uréia ou com benzoato de sódio, respectivamente. Esse coeficiente pode ser atribuído ao alto teor de carboidratos estruturais dessas silagens.



Muñoz-Maldonado (2007) verificou coeficiente de DVIVMS médio de 51,6%, variando entre 50,87 (*L. plantarum* + 0,05% benzoato) e 52,48% (combinação de três bactérias láticas).

Junqueira (2006) determinou coeficiente de DVIVMS em cana-de-açúcar ensilada em silos do tipo poço variando entre 59,38 (LB) a 62,45% (2% de uréia na MV). Esses valores foram tão altos quanto os determinados na cana-de-açúcar fresca do presente estudo. Justifica-se que, assim como na cana-de-açúcar *in natura* do presente estudo, os valores de FDN e FDA se equivaleram, demonstrando que as silagens estudadas pela autora apresentaram valor nutritivo semelhante ao da cana-de-açúcar *in natura* aqui estudada.

Os produtos da fermentação foram estudados somente nos tratamentos em que a forragem foi submetida à ensilagem (CT e LB). A simples comparação entre os tratamentos para esses parâmetros está apresentada na Tabela 3.7.

A inoculação com *L. buchneri* foi efetiva em diminuir o teor de etanol (EtOH) na ensilagem em 35%, metade do percentual de inibição verificado por Schmidt (2006) na silagem de cana-de-açúcar daquele experimento de desempenho. Embora sendo confeccionadas em silos do tipo trincheira naquele estudo, as silagens apresentaram teor de etanol dentro da amplitude verificada no capítulo quatro desta tese, demonstrando mais uma vez que naquele capítulo os valores foram baixos por se tratarem de silos laboratoriais. Todavia, o teor de etanol relatado neste capítulo também se encontra abaixo do valor normalmente observado. O baixo teor de etanol, provavelmente, seja reflexo do manejo de retirada (Tabela 3.8), devido à porção retirada ser pequena, ficou exposta à aeração por tempo maior, em virtude do porte do silo (seção 3.2.3).

A ação da bactéria *L. buchneri* é bem conhecida e, em muitas vezes (KUNG JUNIOR; RANJTI, 2001; PEDROSO, 2003; SCHMIDT, 2006), verificou-se queda na produção de etanol com a inoculação, como ocorrido no presente experimento (0,77 vs. 0,50% de EtOH na MS nos tratamentos CT e LB, respectivamente). Esse microrganismo é classificado como uma bactéria heterolática que, além do ácido láctico, produz ácido acético. Este, por sua vez, pode inibir o crescimento de fungos e

leveduras e melhorar a estabilidade aeróbia (DANNER et al., 2003; KLEINSCHMIT; KUNG JUNIOR, 2006; TAYLOR et al., 2002;).

O teor de ácido láctico apresentou diferenças entre os tratamentos e, como esperado, ao inocular a cana-de-açúcar com *L. buchneri* houve diminuição na produção de ácido láctico, apesar do teor aqui observado ser bem abaixo daqueles relatados na literatura. A silagem controle apresentou 0,97% enquanto que na silagem LB o teor desse ácido orgânico foi de 0,64% da MS.

Freitas et al. (2006) ao avaliarem o uso de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar verificaram exatamente o mesmo teor de ácido láctico nas silagens controle e inoculada com LB na dose comercial, com teor médio de 4,3% de ácido láctico.

O teor de ácido acético apresentou-se bastante elevado nas silagens de cana-de-açúcar testadas, porém sem diferença estatística entre os tratamentos CT e LB. Esses valores tornaram a relação lactato/acetato baixa, comparativamente à relatada. Schmidt (2006) verificou em experimento de desempenho de animais recebendo cana-de-açúcar como parte da ração, valores entre 0,71 e 0,76 dessa relação para as silagens. Freitas et al. (2006) verificaram que essa relação foi de 1,23 para a silagem controle e 0,96 para a silagem tratada com *L. buchneri* na dose de  $5 \times 10^4$  ufc/g MV.

O teor de ácido acético foi alto em ambos os tratamentos ensilados. Freitas et al., (2006) também verificaram teor elevado desse ácido em silagens de cana-de-açúcar, visto que, o tratamento controle apresentou 3,5% desse ácido de cadeia curta na MS e o tratamento LB apresentou-se mais elevado (4,5% da MS).

Schmidt (2006) verificou teor médio de 2,98% de ácido acético na MS. Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) verificaram teor desse ácido de cadeia curta que variou de 0,9 a 2,2% em silagens de cana-de-açúcar.

Esse maior teor de ácido acético sugere a presença de bactérias heterofermentativas, que podem ser espécies de *L. buchneri*, como preconizado por Driehuis; Oude Elferink e Van Wikselaar (2001). Segundo os autores a flora bacteriana de silagens não inoculadas pode ser formada, predominantemente, por espécies de *L. buchneri*, levando à degradação anaeróbia do ácido láctico e síntese de ácido acético, dentre outros compostos. Outro microrganismo responsável pela produção de ácido acético são as enterobactérias (McDONALD: HENDERSON; HERON, 1991), que são

inibidas pela rápida acidificação do meio (PAHLOW et al., 2003), característica facilmente determinada em silagens de cana-de-açúcar. Todavia, não é possível inferir categoricamente se esses microrganismos atuaram ou não no processo fermentativo, pois não foram avaliadas as contagens destes em placas de cultura.

Outra possibilidade de explicação para os alto teor de ácido acético, especialmente da silagem controle, uma vez que na silagem LB seria indicativo da ação do microrganismo, seria o baixo teor de MS dessa silagem de cana-de-açúcar. De acordo com Kung Junior e Shaver (2001), freqüentemente silagens de milho com baixo teor de MS (< 25%) apresenta fermentação acética, devido ao prolongamento da fermentação em decorrência da capacidade tamponante. Dessa forma, o teor determinado de MS da silagem controle (27,21% MS) foi, possivelmente, baixo o suficiente para promover esse tipo de fermentação, elevando o teor de ácido acético até valor semelhante ao da silagem inoculada com LB.

Corroborando essa possibilidade, Muñoz-Maldonado (2007) encontrou teor elevado de ácido acético, variando de 4,64 a 6,28% em relação à MS das silagens, mesmo inoculando a massa de forragem com bactérias predominantemente lácticas. Todavia, o teor de MS encontrado pelo autor variou entre 24,95 e 25,62%, níveis também baixos para essa espécie de forragem. Assim, por suas características intrínsecas, a cana-de-açúcar pode ter sua fermentação alterada para o padrão acético em teores de MS próximos ou pouco superiores àqueles preconizados por Kung Junior e Shaver (2001).

Os teores observados de ácido propiônico não variaram entre os tratamentos CT e LB e apresentaram-se bastante reduzidos. Os teores de ácido butírico também apresentaram-se reduzidas, entretanto, o tratamento CT apresentou 0,21% desse ácido, enquanto que no tratamento LB o teor foi de 0,10% da MS.

Pode-se verificar que os valores de pH foram menores para as silagens que para a forragem fresca. Isso é explicado pela utilização de CHO's a fermentação com metabolização de subprodutos ácidos como os ácidos orgânicos.

Os valores de pH das silagens não foram diferentes entre si, no entanto, esperava-se que o pH fosse superior para a silagem inoculada, uma vez que esse microrganismo transforma parte do lactato produzido em ácido acético (DRIEHUIS;

OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999), um componente ácido reconhecidamente mais fraco que o primeiro, diminuindo a capacidade de acidificar o meio.

O tamanho médio de partículas (TMP) está demonstrado como média dos tratamentos na Tabela 3.8, todavia, a comparação não foi possível por conta de não haver repetição para essa variável. Numericamente os tratamentos em que a cana-de-açúcar foi ensilada apresentaram TMP superiores ao da cana-de-açúcar *in natura*. Esse fato pode ser justificado por conta da diferença entre as máquinas utilizadas neste experimento. Enquanto que para a ensilagem foi utilizada uma colhedora de linha acoplada ao trator (seção 3.2.3), para a picagem diária da cana-de-açúcar *in natura* a máquina utilizada foi um modelo estacionário (seção 3.2.6).

O manejo de retirada das silagens também foi avaliado e os resultados estão demonstrados na Tabela 3.8. Houve significativo aumento das perdas visuais de silagem no tratamento inoculado. Esse fato foi relatado anteriormente na literatura. Segundo Woolford (1990), durante a ensilagem, bactérias heteroláticas promovem menores recuperações de MS, ou seja, maiores perdas de MS, que as bactérias produtoras exclusivas de ácido lático.

### **3.4.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações**

As composições químico-bromatológicas das rações estão apresentadas na Tabela 3.9. As variações da composição química dos volumosos (Tabela 3.7) foram efetivas em afetar as composições químicas das rações, uma vez que a única fonte de variação dessas foram os volumosos.

Essa variação não era esperada apesar de saber que a cana-de-açúcar *in natura*, possivelmente, apresentaria diferença com relação às silagens. De forma geral, a mesma variação encontrada entre os tratamentos da fonte de volumoso foi observada nas rações, provavelmente, por conta da grande participação desse ingrediente na MS das rações, 40% do total.

Para iniciar o experimento foi formulada uma ração única, tanto em percentual de participação, como da utilização dos ingredientes. Isso deveu-se pela impossibilidade de coleta da fonte de variação (volumoso) antes do início do experimento, momento em

que as silagens passavam pela fermentação. Dessa forma, assumiu-se que as fontes de volumosos apresentariam mínima variação entre si.

A ração-base para esse ensaio foi determinada, considerando as exigências energéticas para bovinos de corte, preditas pelo *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996), estimando teor de PB da ração de 13,2% e de NDT de 69%, contendo ainda 35% de FDN na MS e 2,48 Mcal/kg de energia metabolizável nessa ração.

Se comparados aos valores teóricos oriundos da formulação sugerida pelo NRC (1996) verificou-se que o tratamento FR apresentou-se semelhante, sendo que os tratamentos contendo silagem de cana-de-açúcar como volumoso, apresentaram maiores teores protéicos e menores níveis energéticos, ao considerar a DVIVMS como o coeficiente de digestibilidade energética. Para os cálculos das rações, os teores de PB e componentes fibrosos foram subestimados, por isso o aumento dos valores observados em relação aos calculados pelo programa, isso também trouxe como consequência alteração do coeficiente de DVIVMS para esses tratamentos.

Com relação ao teor teórico de FDN das rações de 35% verificou-se que foi bem abaixo do observado, até mesmo para a ração que continha o volumoso de menor percentual de fibra, a cana-de-açúcar *in natura*. Para a ração que continha cana-de-açúcar fresca foi verificado aumento de 20% em relação ao teor de FDN teórico. Esse aumento foi de 35% no tratamento LB e chegou ao máximo de mais de 40% para o tratamento CT. Isso justifica, em parte, a superestimativa da ingestão de MS (IMS) pelo NRC (1996) como demonstrada na Tabela 3.18 e na Figura 3.3. Vale ressaltar que a fração FDN representa a fração química que guarda a mais estreita relação com a ingestão e, em consequência, com o desempenho animal (MERTENS, 1987; VAN SOEST, 1994).

As diferenças em composição químico-bromatológica se mantiveram nas sobras em relação àquela da ração fornecida. Todavia, ao se comparar a composição químico-bromatológica das rações (Tabela 3.9) com aquela observada na sua sobra correspondente (Tabela 3.10), verificou-se que houve diferenças maiores para determinados tratamentos e menores para outros entre a composição real e a ração efetivamente ingerida.

Para a maioria dos nutrientes e também para o coeficiente de DVIVMS a diferença foi maior no tratamento com silagem controle, intermediária para as rações que continham silagem inoculada com LB e menor para as rações que continham cana-de-açúcar *in natura*. Essa diferença evidencia a capacidade dos animais em selecionarem os alimentos fornecidos, tornando a ingestão uniforme. A silagem controle apresentou maior capacidade de ser selecionada pelos animais e embora essa característica possa refletir habilidade individual dos animais, também pode ser explicada pelas características físicas do alimento ofertado.

De alguma forma a homogeneização foi melhor no tratamento FR, dificultando a seleção. Uma possível explicação seriam os menores tamanhos médios de partículas (Tabela 3.8) da cana-de-açúcar fresca promovendo melhor homogeneização e dificultando a segregação e ingestão preferencial dos ingredientes concentrados. Outra possibilidade seria a segregação das partes fibrosas das silagens, tanto por conta do seu maior tamanho médio de partículas, como pela presença de compostos voláteis que inibam a IMS, como etanol ou altos teores de ácido lático. Dessa forma, mais porções do volumoso ficariam para serem recolhidas como sobras, aumentando os teores de porções fibrosas como observado na Tabela 3.10.

### **3.4.3 Estabilidade aeróbia dos volumosos e rações**

Segundo Driehuis; Oude Elferink e Spoelstra (1999) o oxigênio pode se perfundir pela massa de forragem, durante o período de armazenamento, como, principalmente, após a abertura, durante o fornecimento da silagem. Este elemento é responsável por promover ambiente favorável às bactérias espoliadoras aeróbias que utilizam os carboidratos solúveis em água residuais promovendo aumento da temperatura da massa e oxidação de nutrientes. Por apresentar teor elevado de CHO's se constitui em problema durante o fornecimento no cocho para os animais.

Além do aumento da temperatura da massa, ocorre, de acordo com Santos (2007) aumento nos valores de pH e perdas de nutrientes. Essas características são bons parâmetros para mensuração da estabilidade aeróbia de volumosos e rações. Ranjit e Kung Junior (2000) preconizam como estabilidade aeróbia o tempo em que a

massa em estudo permaneça com temperatura 2°C inferior à temperatura do ambiente em 2°C. Entretanto, outros parâmetros são característicos do ensaio da estabilidade aeróbia, como descritos por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001): número de horas para a massa atingir a temperatura máxima (HTmax); temperatura máxima atingida pela massa (Tmax); acúmulo térmico de 5 e 10 dias (ADITE-5 e ADITE-10), da diferença média diária entre a temperatura das silagens e a temperatura ambiente; pH máximo alcançado (pHmax); número de dias para se atingir o pH máximo (DpHmax); perda de MS de 0 a 5 (PMS0-5) e 0 a 10 dias (PMS0-10).

De maneira geral, a maioria dos parâmetros, no presente estudo, foi afetada pela incorporação de ingredientes concentrados aos volumosos, melhorando, dessa forma, a estabilidade entre os tratamentos. Isso pode ser explicado pelo aumento do teor de MS (Tabela 3.7 vs. Tabela 3.9) da fonte, com redução da água livre, disponível para o crescimento microbiano (atividade de água), conforme relatado por McDonald, Henderson e Heron (1991).

Esse comportamento também foi verificado em ensaio semelhante conduzido por Schmidt (2006) testando as silagens de cana-de-açúcar utilizadas no experimento de desempenho, bem como as rações formuladas com esses volumosos. De acordo com o autor, esse resultado se mostra interessante como ferramenta de manejo para ser adotado em uma propriedade. As menores perdas aeróbias da ração no cocho em relação ao painel do silo podem sugerir a adoção de menor frequência diária de fornecimento da ração em mistura total e, portanto, maior retirada do silo de forma a reduzir as perdas por deterioração, ao se trabalhar com cana-de-açúcar ensilada.

Ainda que as silagens de cana-de-açúcar CT e LB tenham apresentado teores bastante altos de ácido acético (Tabela 3.11), pode-se observar que o número de horas para que a temperatura da massa permanecesse mais elevada, em 2°C, que a temperatura ambiente (H2°C) foi zero nos referidos tratamentos, durante o período avaliado, tanto na forragem, quanto na ração. Isso significa que, antes mesmo de se iniciar o ensaio de estabilidade aeróbia, a temperatura dos volumosos estava acima da temperatura ambiente por conta do aquecimento no silo, demonstrando que o manejo de retirada do silo trincheira adotado não foi suficiente para se evitar ou diminuir a deterioração aeróbia. A fatia de retirada diária da face da silagem era insuficiente para

evitar a oxidação de compostos solúveis, especialmente CHO's e evitar o aumento da temperatura da massa. Isso não significa, porém, que as silagens de cana-de-açúcar apresentem pior estabilidade aeróbia em relação à cana-de-açúcar fresca e sim que a dimensão dos silos utilizados não foi adequada ao tamanho do rebanho consumidor. De alguma forma haveria a necessidade de se utilizar silos com menor área da face, para, assim, promover a retirada de maior fatia diariamente, evitando que o oxigênio penetrasse em um mesmo volume de silagem. Neste estudo, mesmo adicionando os ingredientes concentrados, a temperatura da massa excedeu a temperatura do ambiente demonstrando claramente ter havido quebra na estabilidade aeróbia previamente. Mesmo o teor alto de ácido acético verificados nas silagens não foi suficiente para evitar a deterioração aeróbia prévia desses volumosos.

Esse comportamento também foi verificado por Schmidt (2006) em seu estudo. Naquele, a silagem de cana-de-açúcar do tratamento controle também iniciou a avaliação com a temperatura do ambiente inferior em 2°C à da massa de silagem de cana-de-açúcar exclusiva. O autor utilizou silos do tipo *bag* que além da baixa retirada diária apresentavam densidade da silagem prejudicada, facilitando a penetração do oxigênio.

Levando em conta somente o tratamento FR, pode-se observar que a adição do concentrado elevou a estabilidade da massa em quase 4 horas, passando de 9,3 horas para a cana-de-açúcar *in natura* exclusiva e 13 horas para o volumoso adicionado dos ingredientes concentrados. Mesmo com os tratamentos CT e LB apresentando-se menos estáveis, por conta da exposição ao oxigênio que o silo de grande escala proporcionou, verificou-se que ao adotar o fornecimento de cana-de-açúcar *in natura* houve necessidade de maior frequência de fornecimento, mesmo que fornecida junto com a ração completa.

Assim sendo, a adoção de menor frequência de alimentação ao fornecer a cana-de-açúcar ensilada proposta por Schmidt (2006) não deve ser adotada ao alimentar os animais com cana-de-açúcar *in natura*. Nesse caso, pode-se inferir que o manejo adotado de fornecimento da ração dividida em duas alimentações foi acertado a fim de não prejudicar o tratamento FR.



Queiroz (2006) também avaliou volumosos e rações experimentais em ensaio de estabilidade aeróbia e verificou que a cana-de-açúcar *in natura* exclusiva apresentou sua quebra de estabilidade com 4,33 horas, enquanto a silagem tratada com *L. buchneri* apresentou-se estável por 13,25 horas. Siqueira et al. (2004) verificaram aumento na estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar inoculadas com LB na dose comercial, passando de 41 horas na silagem controle para 60 horas na inoculada.

A temperatura máxima (Tmax) diferenciou-se entre os tratamentos, sendo que o tratamento contendo silagem CT apresentou Tmax mais elevada (48,3°C) que os que continham silagem LB ou cana-de-açúcar fresca, com 40,8 e 42,8°C, respectivamente. Esse comportamento não era esperado uma vez que os teores de CHO's foram maiores no tratamento FR (Tabela 3.7), o que justificaria maior quantidade de substrato com maior temperatura final.

As Tmax observadas por Queiroz (2006) para os volumosos estudados foram próximas das observadas no presente estudo, sendo de 42,15°C para a silagem inoculada com LB; 44,43°C para a cana-de-açúcar *in natura* e 48,56°C para a silagem de milho, demonstrando que a silagem inoculada apresentou-se mais estável. O autor reportou para a cana-de-açúcar fresca teor de CHO's semelhante ao do presente estudo, 25%, entretanto, o valor apresentado pela silagem de cana-de-açúcar tratada com LB foi maior que o aqui apresentado (16 vs. 11% da MS). Também Junqueira (2006) relatou valores de Tmax próximos dos aqui observados com média de 42,75°C, embora o teor de CHO's residuais tenha sido menor naquele caso, cerca de 6% da MS.

O tempo necessário para que a temperatura máxima fosse atingida (HTmax) foi diferente entre os materiais avaliados. Ao adicionar os ingredientes concentrados elevou-se o tempo para que a temperatura máxima fosse atingida em mais de três vezes (38,3 vs. 121,3 horas). Isso pode ser justificado também pela diminuição da atividade de água na ração que, assim como para o parâmetro H<sub>2</sub>O, limitou o crescimento dos microrganismos espoliadores.

Também Queiroz (2006) verificou aumento do número de horas para que a máxima temperatura fosse atingida ao adicionar o concentrado aos volumosos, passando de 59 horas nos volumosos, para cerca de 110 horas nas rações.

A avaliação da alteração do pH é outro parâmetro para se mensurar durante ensaios de estabilidade aeróbia e é, especialmente, importante em forragens conservadas. Esses volumosos apresentam certa quantidade de ácido lático além de CHO's residuais que são utilizados por microrganismos espoliadores durante a aerobiose.

Avaliando os dois dados conjuntamente apresentados na Tabela 3.12, pH máximo atingido pela massa (pHmax) e número de dias para que esse pH fosse atingido (DpHmax) pode-se verificar que houve diferença com relação ao parâmetro pHmax para o tipo de fonte avaliada. Os volumosos apresentaram, em média, valores de pHmax mais baixos que os encontrados na ração.

Em função do tempo para que o máximo pH fosse atingido (DpHmax) pode-se verificar que nos tratamentos que continham somente o volumoso, a silagem LB apresentou-se mais estável que o tratamento CT e FR, embora apresentasse teor de CHO's residuais mais elevado que a silagem controle (Tabela 3.7). Com relação ao tratamento FR, considerando somente os volumosos, pode-se observar que o pH máximo foi atingido logo no início do experimento, caindo ao longo dos dez dias de avaliação. Não foi verificada diferença entre os tratamentos com relação ao parâmetro DpHmax das rações.

Nos tratamentos CT e FR a adição dos ingredientes concentrados foi responsável por retardar o pico de pH máximo, mostrando-se mais estáveis que os volumosos exclusivos para esses tratamentos. Esse comportamento não foi verificado para o tratamento LB, o qual se manteve estável até próximo do final da avaliação em ambas as formas avaliadas, volumoso exclusivo ou ração.

O somatório da diferença entre as temperaturas da massa de forragem e do ambiente foi realizado nos cinco primeiros dias (ADITE-5) e nos dez dias (ADITE-10) de ensaio da estabilidade aeróbia, como demonstrados na Tabela 3.13. Os resultados foram bem semelhantes nos diferentes tempos de avaliação, exceto pela fonte ter interferido também no parâmetro ADITE-10. Em virtude da diferença na frequência de aquisição de dados de temperatura, esses valores podem ter grandezas diferenciadas entre estudos, sendo que para se evitar isso a comparação será levada em conta do percentual encontrado em relação à silagem controle.

O parâmetro ADITE-5 diferenciou-se entre os tratamentos, sendo que o tratamento LB apresentou quase 64% do valor observado nos tratamentos CT e FR, demonstrando-se mais estável por conta do menor incremento de temperatura durante os cinco primeiros dias do ensaio. Também para o parâmetro ADITE-10 o tratamento LB apresentou-se mais estável, com cerca de 60% do somatório da diferença de temperatura verificada no tratamento CT, o que apresentou-se mais elevado, porém sem diferenciar-se do tratamento FR.

Santos (2007) ao avaliar silagens de cana-de-açúcar tratadas com LB e a silagem controle, além de aditivos químicos, verificou que a inoculação levou à piora nesse parâmetro de estabilidade aeróbia mensurado até o quinto dia. Pedroso (2003) verificou que o ADITE-5 de silagens inoculadas com *L. buchneri* na dose de  $3,64 \times 10^5$  ufc/g MV foi 69% da observada na silagem controle.

Ao analisar a estabilidade de volumosos exclusivos Queiroz (2006) verificou que a silagem de milho apresentou o maior acúmulo de temperatura ( $88,20^{\circ}\text{C}$ ), a cana-de-açúcar *in natura* apresentou 88% desse acúmulo e a silagem de cana-de-açúcar inoculada com LB na dose comercial foi efetiva em melhorar a estabilidade nesse aspecto, apresentando 68% do acumulado na silagem de milho.

Durante os dez dias de experimentação, pôde-se verificar que o acúmulo da diferença de temperatura foi menor para as rações, que para os volumosos exclusivos, evidenciando a maior estabilidade promovida pela adição de ingredientes concentrados à massa de forragem.

As perdas de matéria seca mensuradas nos cinco primeiros dias do ensaio de estabilidade (PMS0-5), tanto dos volumosos, quanto das rações, demonstram que os tratamentos contendo silagem de cana-de-açúcar (CT e LB) foram mais efetivos em diminuí-las que a cana-de-açúcar fresca. Isso era esperado, uma vez que o teor de CHO's foi maior neste último, o que promoveria maior aporte de substrato para a oxidação microbiana.

As PMS0-5 não diferiram entre os materiais (volumoso ou ração) para o tratamento CT e a adição dos ingredientes concentrados apresentou efeito oposto para os outros tratamentos. No tratamento LB houve queda nas perdas de MS quando o concentrado foi adicionado e no tratamento FR houve aumento nas perdas, esta última

verificação não apresenta explicação razoável uma vez que a adição do concentrado deveria aumentar a pressão osmótica, diminuindo a atividade de água e reduzindo a chance da ação de microrganismos espoliadores.

Esse resultado díspar também foi verificado se observadas as médias de perdas de MS durante os dez dias de ensaio demonstradas na mesma Tabela 3.14. As rações promoveram maiores PMS0-10 que os volumosos exclusivos. Entretanto, na comparação dos tratamentos a mesma tendência foi observada, reiterando a melhor estabilidade do tratamento LB frente aos demais tratamentos com cana-de-açúcar ensilada sem aditivo ou fornecida *in natura*.

#### **3.4.4 Desempenho de animais e predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT dos volumosos**

Na Tabela 3.16 verifica-se que as variáveis de desempenho e ingestão de matéria seca (IMS) não se apresentaram diferentes entre os tratamentos. As médias gerais de ganho de peso diário (GPD), IMS (em kg e % do peso vivo diário) e eficiência alimentar (EA) foram, pela ordem: 0,896 kg; 8,54 kg/dia; 1,87% PV/dia e 0,105 kg GPD/kg MS ingerida.

Observando-se a Tabela 3.16 pode-se inferir que se não houve diferença em relação ao ganho de peso e eficiência alimentar nos tratamentos em que a cana-de-açúcar foi ensilada, comparativamente à cana-de-açúcar fresca, também não foram verificadas melhorias nessas variáveis em relação ao uso do aditivo para os tratamentos nos quais a cana-de-açúcar foi ensilada.

Parte da explicação para a falta de efeito dos tratamentos sobre as variáveis de desempenho e IMS poderia ser decorrente do nível de acabamento que os animais apresentavam por época de abate. Apesar de relativamente novos, os animais apresentavam elevado grau de acabamento no abate, uma vez que haviam passado por outros experimentos, inclusive sendo oriundo de confinamento prévio. Esse estágio de desenvolvimento pode ser evidenciado pelas diferenças verificadas pelas médias em GPD e EA observadas na Tabela 3.15. Verifica-se que, tanto o ganho de peso médio diário, quanto a eficiência alimentar foram decrescentes em função dos períodos

experimentais. Dessa forma, no final do experimento as exigências em deposição de tecido muscular devem ter diminuído, provavelmente, com os animais iniciando a fase de deposição de gordura.

Schmidt (2006) avaliou o desempenho de tourinhos recebendo ração completa contendo 45,8% de silagem de cana-de-açúcar em função da MS. Os animais recebendo ração contendo silagem controle apresentaram GPD de 0,82 kg/dia, enquanto aqueles que receberam rações com silagem de cana-de-açúcar inoculada com LB em duas doses ( $5 \times 10^4$  e  $1 \times 10^5$  ufc/g MV) apresentaram ganhos médios 22,4% superiores (1,00 kg/dia). A IMS média diária foi de 8,62 kg ou 1,68% do PV, entretanto, sem apresentar diferença entre os tratamentos estudados.

Ao avaliarem o desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com rações contendo 46% de silagem de cana-de-açúcar na MS, Pedroso et al. (2006) verificaram que a ingestão média foi de 2,2% do PV. Diferente do que foi encontrado neste estudo e corroborando aos resultados de Schmidt (2006), os autores verificaram que os animais que receberam silagem sem aditivo apresentaram GPD inferiores daqueles que receberam silagem inoculada com  $3,64 \times 10^5$  ufc/g MV de *Lactobacillus buchneri* (0,94 vs. 1,24 kg/dia). A maior IMS relativa ao peso vivo dos animais provavelmente se devem à categoria animal em estudo.

Essa tendência também foi verificada em experimento conduzido por Junqueira (2006). A autora observou IMS bastante superior (3,1% PV), tanto daquelas observadas por Schmidt (2006) e Pedroso et al. (2006), quanto daquela aqui verificada. Vale ressaltar que os animais estudados por Junqueira (2006) eram ainda mais jovens, tratavam-se também de novilhas Holandesas que receberam rações contendo 45% de silagem de cana-de-açúcar na MS. O GPD das novilhas foi de 1,05 kg/dia no tratamento LB; 0,98 kg/dia para aquelas que receberam a ração com silagem de cana-de-açúcar adicionada de 1,0% de uréia e, quando a silagem apresentou aditivação de 1,5% de uréia, o ganho foi de 0,92 kg/dia sem, contudo, diferenciarem-se entre si.

Alvarez; Wilson e Preston (1977) estudaram o desempenho de novilhos Zebuínos que receberam duas rações distintas, uma contendo silagem de cana-de-açúcar, mistura mineral *ad libitum* e 1 kg de resíduo de polidura de arroz por dia e a outra, o volumoso foi substituído pela cana-de-açúcar fresca e picada diariamente. Não

foi verificada diferença entre os tratamentos, sendo que os animais da ração com silagem ganharam 0,658 kg/dia e os animais do grupo que recebeu cana-de-açúcar *in natura* ganharam 0,795 kg/dia. Ainda que fossem animais mais leves, os desempenhos poderiam ser considerados altos em virtude da ração, aparentemente, ser mais pobre que a formulada no presente experimento.

Henrique et al. (2007) avaliaram duas rações formuladas para ganho de 1,3 kg/dia para animais em confinamento. Ambas continham a cana-de-açúcar como volumoso, entretanto, diferenciavam-se pelo percentual de inclusão dos volumosos, 40 vs. 60%. Os animais que receberam 40% de cana-de-açúcar na ração conseguiram atingir os ganhos preditos pelo programa de formulação e alcançaram 1,44 kg/dia, enquanto os que receberam 60% de cana-de-açúcar na ração apresentaram GPD menores (0,98 kg/dia).

Os desdobramentos da interação tratamento x período experimental observada para a IMS, nas duas formas de avaliação, estão apresentados na Tabela 3.17. Para essa variável mensurada em kg de MS ingerida diariamente verifica-se que somente no terceiro período foi observada diferença entre os tratamentos, com tratamento LB apresentando maior IMS que o tratamento FR, ficando o tratamento CT com IMS intermediária, sem diferenciar-se dos demais.

Seria esperado, caso se atingisse o limite para esse fenômeno ocorrer, que a saciedade quimiostática fosse observada mais precocemente no tratamento FR, uma vez que esse tratamento apresentou valor nutritivo mais elevado (Tabela 3.9). De acordo com Argenzio (1996) após estímulo do núcleo do trato solitário do cérebro ocorrer, os animais têm o consumo inibido. Entretanto, isso não ocorreu e o controle quimiostático pode ser de difícil verificação para animais que recebam rações contendo cana-de-açúcar e cujas formulações estimaram 69% de NDT para as rações.

Com relação às ingestões de cada um dos tratamentos nos períodos, verificou-se que somente o tratamento LB diferenciou-se, apresentando quantidade menor (8,44 kg/dia) de ração ingerida no período I e, conforme os animais foram se desenvolvendo, houve também aumento na IMS. Quando a IMS foi mensurada em função do percentual do peso vivo ingerido, pôde-se observar que nos tratamentos CT e FR houve queda no percentual do peso vivo ingerido diariamente. Esse comportamento era esperado e

pode ser corroborado pelas maiores IMS, quando a categoria dos animais foi diferente, como relatado nos estudos de Pedroso (2003) e Junqueira (2006).

A formulação da ração-base pelo NRC (1996) previa ingestão de MS e ganho de peso médio de 9,26 e 1,17 kg/dia, respectivamente. Verificou-se que os resultados médios observados estiveram 7,56% abaixo do encontrado na formulação para a IMS e 23,42% abaixo para o GPD. Isso indica que embora tenha havido superestimativa da IMS (Tabela 3.18 e Figura 3.3) pelos animais, o valor energético dos volumosos poderia ser considerado maior que aquele utilizado na formulação.

De maneira geral, a IMS de silagens é inferior àquela comparada à forragem original (CHARMLEY, 2001). Neste estudo ela pode ter sido prejudicada, sobretudo nos tratamentos contendo silagem, pois estes apresentaram altos teores de compostos voláteis que podem ter interferido na IMS em decorrência dos altos teores de ácido acético (Tabela 3.7). O nível crítico para que esse ácido afetasse a IMS seria próximo a 0,8% da MS (MAHANNA, 1993). Como a silagem de cana-de-açúcar foi responsável por 40% da MS da ração e apresentou teores variando entre 5,48 (tratamento CT) e 4,91% de ácido acético na MS (tratamento LB), sugere-se que os teores desse ácido graxo de cadeia curta estivessem próximos de 2% da MS das rações, mais que o dobro do nível crítico. Além disso, no estudo da estabilidade aeróbia das rações e dos volumosos exclusivos (Tabela 3.11), verificou-se que essas silagens apresentaram estabilidade aeróbia bastante baixa, mesmo em ambiente com temperatura controlada em cerca de 23,5°C (seção 3.2.11). Esta estabilidade poderia ser ainda inferior no cocho utilizado para alimentação, onde houve variação da temperatura ao longo do dia.

Conforme descrito na seção 3.2.12 procedeu-se a estimativa do valor energético das silagens pelo NRC (1996) a fim de que o ganho de peso estimado correspondesse ao ganho observado, combinado à IMS também observada. Dessa forma, os valores de NDT dos volumosos deveriam ser aqueles demonstrados na Tabela 3.18.

Ao comparar os valores de NDT estimados dos volumosos, para que os ganhos observados fossem atingidos, aos coeficientes de DVIVMS observados (Tabela 3.7), verifica-se que os primeiros apresentaram-se superiores, especialmente para o tratamento CT que deveria apresentar valor nutritivo 25% superior para atingir os desempenhos observados no presente estudo. Os demais tratamentos também

necessitariam apresentar valores nutritivos superiores aos verificados na Tabela 3.7, a variação deveria ser de 6,6% para o tratamento LB e 4,9% para o tratamento que continha cana-de-açúcar *in natura* (FR).

Esse comportamento também foi observado por Schmidt (2006). Ao estimar os valores nutritivos dos volumosos e a IMS, o autor verificou que a IMS foi 79,4% daquela prevista pelo programa e o valor nutritivo deveria ser 32% maior segundo o NRC (1996). Schmidt (2006) justificou esse fato a fatores não contemplados pelo programa, que não considera a contribuição de compostos voláteis como, naquele caso, o ácido acético e o etanol.

De posse dos resultados observados de IMS, idade e peso médio dos animais foram calculados os ganhos de peso médio de cada baia, correspondente ao tratamento e bloco. Com base nesses dados verificou-se que o GPD estimado pelo NRC (1996) apresentou efeito dos tratamentos (Tabela 3.18), sendo que não houve diferença entre os tratamentos LB e FR (0,85 e 0,91 kg/dia, respectivamente) e estes apresentaram desempenhos teóricos maiores que o tratamento CT (0,70 kg/dia).

Dessa forma, os valores estimados apresentaram comportamento diferenciado dos valores observados que não foram diferentes entre os tratamentos, como pode ser observado na Tabela 3.18. Na Figura 3.2 também estão representados graficamente as relações existentes entre os valores observados e preditos de GPD para cada uma das 18 unidades experimentais (bairas coletivas).

Para a maioria das observações, o ganho de peso médio diário estimado pelo NRC (1996) foi menor que aquele observado, como se apresenta também a relação entre os valores observados e estimados (GPDob:GPDest) na Tabela 3.18. No tratamento CT o GPD observado foi 26% maior que o estimado, no tratamento LB foi 4% maior e a menor diferença foi verificada no tratamento FR, com apenas 2% de desvio entre os valores observados e estimados pelo NRC (1996).

Ao se observar essas diferenças relacionando aos valores de GPD observados e estimados pode-se verificar que é similar à relação existente entre os valores estimado e observado de energia dos volumosos (NDT estimado – Tabela 3.18 e DVIVMS observada – Tabela 3.7), conforme apresentado. Isso era esperado, uma vez que para se chegar ao desempenho observado promoveu-se alteração somente no valor nutritivo



dos volumosos, visto que os ingredientes concentrados eram únicos para todos os tratamentos.

Na seqüência da estimativa, ao verificar os GPD estimados, procedeu-se o incremento no valor do NDT de cada volumoso até chegar ao mesmo GPD observado e o NDT foi anotado conforme os resultados demonstrados na Tabela 3.18. A alteração do NDT dos volumosos também levou a alteração na IMS teórica e a comparação entre os valores médios de IMS estão também demonstrados na mesma Tabela 3.18. Observou-se, tanto pela tabela descritiva, quanto pela Figura 3.3 que todas as observações de IMS apresentaram-se abaixo daquelas estimadas pelo programa.

O NRC (1996) previu que os animais que recebessem ração contendo cana-de-açúcar *in natura* apresentariam menores IMS que aqueles que receberam a cana-de-açúcar ensilada como volumoso da ração. Isso era esperado, uma vez que, como observado, o valor nutritivo da cana-de-açúcar *in natura* foi mais elevado (Tabela 3.7), necessitando de menor quantidade de alimento para se atender as exigências energéticas dos animais.

A IMS dos animais apresentou relação média entre os valores observados e estimados de 0,88, ou seja, o valor observado foi 88% daquele estimado. Isso deveu-se à menor IMS dos animais, o que corrobora a hipótese de que o programa subestimou o valor nutritivo desses volumosos. Dessa maneira, os animais atingiram a saciedade em um momento prévio. Esse fato também é observado ao analisar as Figuras 3.2 e 3.3, onde se verifica que as equações propostas pelo NRC (1996) subestimaram o valor energético das rações. Isso é mais evidente para as fontes de forragem, quando o programa estima que os animais fossem menos eficientes, ingerindo maior quantidade de MS e ganhando menos peso que os observados.

O comportamento da análise dos ganhos e ingestões de MS foi semelhante ao observado por Schmidt (2006). Ao realizar o exercício de simulação similar, o autor verificou GPD observados entre 34 e 52% acima dos valores preditos pelo NRC (1996), enquanto que a IMS observada variou entre 72 e 83% dos valores estimados pelo programa, demonstrando que, da mesma forma, houve superestimativa da IMS e subestimativa do GPD. O autor realizou essa metodologia separando as raças

estudadas e verificou que, tanto para os tourinhos da raça Nelore, quanto para os da raça Canchim, os resultados foram semelhantes.

Pedroso, Schmidt e Nussio (2004) também realizaram as mesmas estimativas usando os resultados observados por Pedroso (2003) para desempenho de novilhas Holandesas. De maneira semelhante, os autores verificaram superestimativa da IMS e subestimativa de ganho de peso das novilhas, corroborando os resultados encontrados por Schmidt (2006) e com os apresentados no presente estudo. Os autores também sugerem como causa desses desvios variáveis não contempladas pelo banco de dados do programa, como compostos voláteis oriundo da fermentação.

Na Tabela 3.19 estão apresentados os cálculos de energia líquida (EL). Os valores observados foram calculados com base no sistema de equações proposto por Zinn e Shen (1998) que leva em consideração o peso vivo metabólico ( $PV^{0,75}$ ), a IMS e o GPD. Os valores estimados foram calculados pelo NRC (1996) e levam em conta somente os valores de NDT dos alimentos e a proporção destes na ração, sem considerar o peso, idade ou raça do animal.

Os valores de EL de manutenção ( $EL_m$ ) observados foram ligeiramente inferiores aos estimados pelo programa, enquanto os valores de EL de ganho ( $EL_g$ ) apresentaram-se de maneira oposta, com os valores observados superiores aos estimados.

As relações entre os valores observados e os estimados para  $EL_m$  e  $EL_g$  estão apresentados na Tabela 3.19, bem como a comparação dessas relações em função dos tratamentos aplicados. Como média geral, observou-se que os valores de  $EL_m$  estiveram mais próximos que  $EL_g$  entre os valores observados e estimados. Na comparação entre os tratamentos pode-se verificar que o tratamento CT foi diferente dos demais apresentando as maiores relações. Isso demonstra que a diferença em valor energético das silagens CT foi maior que nos demais tratamentos, concordando com os resultados de GDP observados na Tabela 3.18. De forma geral, estes resultados permitem inferir que houve maior teor energético nas rações que o apontado pelo NRC (1996).

Esse comportamento também foi verificado por Schmidt (2006), entretanto, o autor verificou que, tanto os valores de EL de manutenção, quanto os de EL<sub>g</sub> apresentaram-se maiores que aqueles estimados pelo programa.

Pereira (2005) estudou a substituição do milho pela polpa cítrica na ração de bovinos que receberam 30% de silagem de cana-de-açúcar e verificou comportamento oposto aos verificados acima, com cálculos de EL de manutenção e ganho pelas fórmulas de Zinn e Shen (1998), sendo inferiores aos valores estimados pelo NRC (1996). De acordo com o autor, o efeito observado pode ter sido devido à superestimativa do valor energético utilizado como base para a formulação, apresentado valor adotado de 61% de NDT para a silagem de cana-de-açúcar.

### **3.4.5 Comportamento dos animais recebendo rações contendo cana-de-açúcar fresca ou ensilada**

Foi levada em consideração a ingestão de MS média dos dois dias em que o comportamento animal foi avaliado. O teor de FDN é altamente correlacionado com a IMS (MERTENS, 1987; VAN SOEST, 1994), dessa forma, além da IMS foi calculada a quantidade de FDN ingerida. Os resultados estão demonstrados na Tabela 3.20 e verifica-se que houve diferença entre os tratamentos para ambas variáveis. Os animais que receberam a ração contendo silagem inoculada com *L. buchneri* ou com cana-de-açúcar *in natura* apresentaram as maiores ingestões de MS, sendo a menor observada no tratamento CT, o que pode ser decorrente do maior teor de FDN dessa ração (49,26% da MS), como demonstra a Tabela 3.9.

O teor de FDN alterou a ingestão de maneira inversa. A menor IMS foi verificada na ração em que o teor de FDN era mais alto, da mesma forma, uma das maiores IMS foi observada para a ração que continha menor teor de FDN, como foi o caso da ração oriunda do tratamento FR. Todavia, conforme observado a ingestão de FDN foi diferenciada, demonstrando que talvez o maior valor energético da ração que continha cana-de-açúcar *in natura* possa ter exercido o controle químico da IMS sem que tenha havido limitação física da fibra em controlar a IMS (ARGENZIO, 1996).

Os tratamentos aplicados à forragem afetaram os parâmetros de comportamento dos animais. Para a grande maioria das apresentadas na Tabela 3.21 verificou-se que as maiores diferenças foram referentes à ração contendo cana-de-açúcar *in natura*, contra aquelas que continham silagem de cana-de-açúcar como volumosos. Os tempos totais de ingestão de ração, ruminação e mastigação foram menores que os observados por Schmidt (2006) avaliando tourinhos recebendo 45% de silagem de cana-de-açúcar na ração e que aqueles observados por Loures (2004) avaliando bovinos recebendo silagem de capim-Tanzânia compondo 50% da MS da ração. Complementarmente, os animais aqui avaliados apresentaram-se em ócio (sem atividade definida) por mais tempo que os animais dos estudos de Schmidt (2006) e Loures (2004).

O tempo despendido em ingestão de água foi maior para o tratamento LB e não diferenciou entre os tratamentos CT e FR, entretanto, esse parâmetro não apresenta importância para o comportamento dos animais, uma vez que é uma atividade fugaz e de elevada variação entre animais (COELHO, 2002; LOURES, 2004; SCHMIDT, 2006) compondo, somente, o total de tempo despendido no dia da observação. Queiroz (2006) verificou atividade de ingestão de água diária variando entre 24 e 30 minutos, sem diferença entre os tratamentos. Esse maior período de ingestão é próprio de vacas em lactação, mais exigentes que os animais aqui estudados.

Embora tenham despendido tempos semelhantes em relação à ingestão de MS, o tratamento CT apresentou menor IMS diária que o tratamento LB, isso indica que os animais que receberam ração contendo silagem controle apresentaram menor taxa ou tamanho de bocado que os que receberam ração com silagem inoculada. De maneira oposta os animais do grupo FR despenderam menor tempo em ingestão de MS, todavia, com uma das maiores ingestões quantitativas, demonstrando maior avidez para ingestão dessa ração que os animais alimentados com as rações contendo silagem de cana-de-açúcar.

As causas para esse fenômeno pode ser os compostos voláteis oriundos da fermentação que podem provocar refração na ingestão das rações contendo silagens, dentre esses compostos destaca-se a alto teor de ácido acético (Tabela 3.7) ou mesmo a menor estabilidade aeróbia verificada para as silagens, que haviam iniciado o processo de deterioração aeróbia ainda no silo, como foi demonstrado na Tabela 3.11.

Dessa forma, os compostos voláteis e/ou mesmo a baixa estabilidade no cocho podem estar inibindo a ingestão de MS, ainda que eles não estejam saciados, destinando mais tempo à atividade de ingestão de ração, mesmo que a menor ingestão de MS tenha sido verificada. Isso também foi reportado por Schmidt (2006) explicando a menor ingestão de MS em silagens controle, justificadas pelo alto teor de etanol, inibitório à ingestão.

Foi avaliado o comportamento dos animais somadas as oito primeiras horas após a alimentação, sendo quatro horas após a alimentação da manhã e quatro horas após a alimentação da tarde. Esse sistema de avaliação também foi utilizado por Schmidt (2006) em busca de diferenças mais sensíveis até o momento em que os produtos voláteis da fermentação continuem atuando, como etanol e ácidos graxos de cadeia curta. Entretanto, o autor avaliou durante as seis primeiras horas em virtude de ter realizado somente uma alimentação diária. A hipótese da maior importância das atividades de ingestão e ruminação nas primeiras horas pode ser confirmada verificando-se que durante as 24 horas os animais despenderam 8,88% do seu tempo em ingestão de ração e 31,11% em ruminação, enquanto que durante as oito primeiras horas após a alimentação esses percentuais passaram para 15,42 e 21,87%, respectivamente.

De maneira geral, os animais que receberam rações contendo cana-de-açúcar fresca também apresentaram menores tempos despendidos em ruminação e em mastigação que aqueles que receberam rações contendo silagens de cana-de-açúcar, tanto nas 24 horas, como nas oito primeiras horas após a alimentação. Esse efeito era esperado, uma vez que a ração contendo cana-de-açúcar *in natura* apresentava menores teores de FDN e FDA, além de maior coeficiente de DVIVMS, como pode ser constatado na Tabela 3.7.

De forma oposta os animais do grupo FR apresentaram-se durante mais tempo sem atividade definida ou ócio, como essa atividade é complementar no comportamento circadiano dos animais, era de se esperar que os animais que despenderam maiores tempos em ingestão, ruminação e mastigação apresentassem menores tempos despendidos em ócio.

Os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação, medidos em minutos/kg MS ingerida, parecem também guardar certa relação direta com o teor de FDN e FDA das rações e relação inversa com as DVIVMS. Quanto maior o teor de FDN e FDA e menor a DVIVMS, mais tempo é despendido nas atividades de ingestão, ruminação e mastigação. O mesmo comportamento foi observado se medidos os tempos relativos dessas atividades em minutos/kg FDN ingerido.

#### **3.4.6 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais**

As avaliações ocorridas durante o abate dos animais e da análise das amostras de carne estão apresentadas na Tabela 3.23. Os animais não diferiram nos tratamentos quanto ao peso final. Segundo Taubes (2001), o peso final dos animais influencia nas características da carcaça, porém deve ser considerado conjuntamente com o grupo genético, sexo e nutrição. Dessa maneira, o fator de influência no presente estudo foi a nutrição ou alimentação que não apresentou efeito sobre o desempenho final, conforme discutido anteriormente.

Os animais aqui estudados apresentaram peso médio final de 488 kg, maior que o relatado por Pereira (2002) que estudaram bovinos também da raça Nelore, com 30 meses de idade e recebendo ração com alto percentual de concentrado. A autora esperava para abater os animais até atingirem espessura de gordura de 8 mm, bem acima do verificado neste ensaio, e os animais atingiram peso final médio de 423 kg.

De acordo com Silva (2002), a correlação encontrada para peso ao abate e peso da carcaça é de 0,97, assim sendo, não foi verificada diferença entre os pesos da carcaça quente (PCQ) para os animais dos diferentes grupos. Isso levou a não apresentarem diferenças também com relação ao rendimento da carcaça (RC), cujos valores médios foram de 55,46%. O valor de rendimento de carcaça determinado foi semelhante ao observado por Pereira (2006) que encontrou 55,66% de rendimento de carcaça para animais em confinamento.

Segundo Bonavigo et al. (2007), a enzima gama glutamil transferase (GGT) está presente no fígado e em outros órgãos. Sua meia-vida é de 7 a 10 dias, aumentando para 28 dias nas lesões hepáticas ligadas ao álcool. Dessa forma, por observações de

outros experimentos que apresentaram silagens de cana-de-açúcar com teor de etanol mais elevado (PEDROSO, 2003; SCHMIDT, 2006), procedeu-se a mensuração dessa enzima no soro dos animais. Entretanto, os valores não diferiram entre os tratamentos, podendo indicar que o álcool não se constitui em problema para essa espécie animal ou os teores determinados neste estudo foram insuficientes para provocar lesão hepática ou, ainda, que o período de exposição ao etanol para que essas lesões se iniciassem tenha sido curto.

Não houve diferença entre os tratamentos para os parâmetros como pH, temperatura depois de uma hora do abate e nem mesmo pH após 24 horas do abate. Entretanto, os valores de pH da carcaça apresentaram-se elevados, indicando que os animais poderiam ter sido estressados. De acordo com Pereira (2006), animais com carnes apresentando  $\text{pH} \geq 6,0$  é indicativo de estresse pré-abate, o que pode promover a anomalia DFD (*dark, firm and dry*), denominados cortes escuros. Esse padrão de resultado seria esperado ao se trabalhar com animais zebuínos, reconhecidamente mais reativos que taurinos.

A área de olho de lombo (AOL) apresentou-se crescente à medida que aumentou o valor nutritivo das rações (Tabela 3.9). A maior AOL foi determinada no tratamento FR, seguida do tratamento LB e finalmente do tratamento CT. A AOL média foi semelhante àquela observada por Correia (2006) que determinou  $69,15 \text{ cm}^2$  para esse parâmetro. Ainda que com animais que receberam ração mais rica em concentrado, contendo 14,2% de PB e 71,2% de NDT na MS, Pereira (2006) verificou AOL menores para os animais da raça Nelore estudados,  $59,13 \text{ cm}^2$ .

Apesar de não diferirem entre os tratamentos a espessura de gordura subcutânea (EGS) apresentou-se maior que o mínimo exigido pelos frigoríficos nacionais (3 mm) e variaram entre 3,7 (CT) e 4,4 cm (LB e FR). Com animais tendo ingerido ração mais energética que a deste experimento e mantidos em confinamento até atingirem o grau de acabamento estipulado, Pereira (2006) determinou valores mais elevados para esse parâmetro (6,01 cm) que os aqui descritos. Correia (2006) também observou valores ligeiramente mais altos (4,88 cm).

A perda de água ao cozimento foi baixa (10,65% em média) e está abaixo do indicado por Tullio (2004). Esse autor considera que PAC inferiores a 30% para animais

terminados em confinamento são consideradas baixas. Pereira (2006) e Correia (2006) encontraram médias de PAC para animais Nelore machos superiores aos do presente estudo (16,19 e 14,63%, respectivamente).

Embora tenham apresentado características que indiquem ter havido DFD, os animais demonstraram que seus cortes cárneos eram macios, cujas forças de cisalhamento estiveram próximas de 3,6 kg. Correia (2006) também verificou valores próximos com média entre os tratamentos de 3,7 kg. Pereira (2006) verificou valores bastante superiores aos encontrados (4,2 kg).

Koch et al. (1988) apresentaram dados indicando amplo aumento na maciez em zebuínos ao aumentar a classificação de *slight* para *small* segundo padrão USDA (1999), fato que pode ser verificado no presente estudo.

### 3.5 Conclusões

Não houve diferença no desempenho dos tourinhos ao receberem como parte do volumoso da ração cana-de-açúcar *in natura* ou ensilada, demonstrando que a silagem de cana-de-açúcar se constitui em opção satisfatória de conservação desta forragem.

Embora tenha diminuído o teor de etanol nas silagens inoculadas, no geral o efeito do *Lactobacillus buchneri* sobre a composição químico-bromatológica, padrão fermentativo da silagem de cana-de-açúcar foi pouco pronunciado e não houve diferença em desempenho para os animais que receberam ambas as silagens na ração.

A inoculação com *L. buchneri* foi efetiva em reduzir as perdas durante a estabilidade aeróbia e o aquecimento da massa de forragem em relação ao ambiente. Também foi verificado que a adição de ingredientes concentrados elevou a estabilidade aeróbia em todos os tratamentos e isso é importante para esse tipo de forragem, em que o teor de compostos solúveis altos pode ser utilizado como substrato para a deterioração aeróbia.

O valor energético (NDT) dos volumosos experimentais, especialmente das silagens de cana-de-açúcar, mostrou-se maior que o observado na análise bromatológica, de acordo com a estimativa do programa NRC. Isso levou à subestimativa média de 10% no ganho de peso e superestimativa de 12% na IMS.



Os animais que receberam ração contendo silagens permaneceram mais tempo em atividades ingestivas que os que receberam ração contendo cana-de-açúcar *in natura*.

A grande maioria dos parâmetros de abate, carcaça e carne dos animais não apresentou resposta aos tratamentos estudados.

## Referências

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p.1169-1174, 2001.

ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 291-299, 1983.

ALVAREZ, F.J.; WILSON, A.; PRESTON, T.R. Effects of spontaneous fermentation of sugar cane on performance of Zebu bulls. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 4, n. 1, p. 61-64, 1977.

AMARAL, R.C do. **Avaliação de aditivos químicos sobre as perdas e valor alimentício das silagens de cana-de-açúcar para ovinos**. 2007. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ARGENZIO, R.A. Funções gerais do trato gastrointestinal e seu controle e integração. In: SWENSON, M.J.; REECE, W.O. (Ed.). **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. cap. 16, p. 297-306.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC International, 1980. 1015 p.

BERZAGHI, P.; COZZI, G.; ANDRIGHETTO, I. The use of near infrared analysis for *in situ* studies. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 3263-3270, 1997.

BONAVIGO, A.G.; MUNARETTO, C.; SULDOSKI, M.T.; ALMEIDA NETO, A. Pesquisa dos níveis de gama glutamil transferase como marcador biológico do alcoolismo em operários. In: SEMANA DA BIOLOGIA, 17., 2007. Cascavel. **Anais...** Cascavel: UNOESTE, 2007. 1 CD-ROM

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CHARMLEY, E. Towards improved silage quality – A review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 81, n. 2, p. 157-168, 2001.

COELHO, R.M. **Efeito da concentração de matéria seca e do uso de inoculante bacteriano-enzimático na silagem de Tifton-85 (*Cynodon ssp.*) sobre a digestão de nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento de bovinos de corte em crescimento.** 2002. 136 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CORREIA, P.S. **Estratégia de suplementação de bovinos de corte em pastagens durante o período das águas.** 2006. 333 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

COZZOLINO, D.; ACOSTA, Y.; GARCIA, J. Application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage evaluation in Uruguay. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 370-371.

CUNHA, M.V.; FOSTER, M.A. Sugar-glycerol co-fermentations in Lactobacilli: the fate of lactate. **Journal of Bacteriology**, Washington, v. 174, n. 3, p. 1013-1019, 1992.

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 1, p. 562-567, 2003.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOESLTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensiling of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 87, p. 583-594, 1999.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, p. 330-343, 2001.

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, 1956.

FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em 3 out. 2007.

FREITAS, A.W. de P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F. de P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 38-47, 2006.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; OLIVEIRA, E.A. DE; FERNANDES, A.R.M.; OLIVERIA, R.V. DE; PIVARO, T. Consumo de nutrientes e desempenho de tourinhos Canchim e Nelore terminados em confinamento e alimentados com dietas contendo cana-de-açúcar e dois níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. 1 CD-ROM

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

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG JUNIOR, L. A meta-analysis of the effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.

KOCH, R.M.; CROUSE, J.D.; DIKEMAN, M.E.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K.E. Effects of marbling on sensory panel tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* crosses. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 66, suppl. 1, p. 305, 1988.

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

KUNG JUNIOR, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on Forage**, Madison, v. 3, n. 13, 2001. Disponível em: <<http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/Fermentation.pdf>>. Acesso em 11 jan. 2008.

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**, Savoy, v. 67, n. 2, p. 299-306, 1984.

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**, Savoy, v. 79, n. 10, p. 922-928, 1996.

LOURES, D.S.R. **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. 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 1176-1182, 2002.

MAHANNA, W.C. Troubleshooting silage problems. In: FOUR STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 1993. Madison. **Proceedings...** Madison: University of Wisconsin Press, 1993. p. 1-21.

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 18 set. 2007.

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

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

MUÑOZ-MALDONADO, J.G. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 6<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy of Sciences, 1984. 90 p.

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

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p. 1-33.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 794-795.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. chap. 2, p. 31-93.

PEDROSO, A. de F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A. de F.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. Silagem de cana-de-açúcar no confinamento de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., 2004. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2004. p. 243-259.

PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. de F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.U; HORII, J.; GOMES, L.H. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 427-432, 2005.

PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JÚNIOR, W.; RODRIGUES, A. de A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S. de 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.

PEREIRA, A.S.C. **Qualidade da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) suplementados com vitamina E**. 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PEREIRA, A.S.C. **Características qualitativas da carcaça e da carne das progênes de touros representativos da raça Nelore (*Bos indicus*) e de diferentes grupos genéticos**. 2006. 117 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

PEREIRA, E.M. **Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

QUEIROZ, O.M.C. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or chemical preservative on the fermentation and anaerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 526-535, 2000.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JUNIOR, J.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1994. p. 828-868.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windows**: version 9.00. Cary: SAS Institute, 2002.

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

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; PAZIANI, S. de F.; MARI, L.J.; LOURES, D.R.S.; JUNQUEIRA, M.C. Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar com doses de *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM

SHENK, J.; WESTERHAUS, M. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy, **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 496-474, 1991.

SILVA, S.L. **Estimativa de características da carcaça e ponto ideal de abate por ultrassonografia em bovinos submetidos a diferentes níveis energéticos na ração**. 2002. 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

SIQUEIRA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; AMARAL, R.C. do; PIRES, A.; ROTH, M. de T.P. Interações entre inoculantes microbianos e aditivos químicos na fermentação e na estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM

TAUBES, G. The soft science of dietary fat. **Science**, Washington, v. 291, p. 2536-2545, 2001.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.K.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

TULLIO, R.R. **Estratégia de manejo para produção intensiva de bovinos visando a qualidade da carne**. 2004. 107 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.

VAN SOEST, P.J. Intake. In: VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994. chap. 21, p. 377-353.

USDA. **Official United States standards for grades of carcass beef**. Washington: USDA, Agricultural Marketing Service, 1999.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Shear force procedures for meat tenderness measurement**. Clay Center: USDA, 2001. 7 p.

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**, Gaithersburg, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

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

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1280-1289, 1998.

#### **4 FONTES DE CÁLCIO E ADITIVO MICROBIANO NO PADRÃO DE FERMENTAÇÃO, PERDAS DE ARMAZENAMENTO E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.)**

##### **Resumo**

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do aditivo microbiano e/ou fontes de cálcio sobre as perdas fermentativas, os parâmetros fermentativos, a composição químico-bromatológica e a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar. A variedade da cana-de-açúcar utilizada foi RB 72-454 e apresentava-se com 24°brix. Os tratamentos aplicados na ensilagem foram: controle sem aditivo (CT), *L. buchneri* na dose de  $5 \times 10^4$  ufc/g MV (LB), 1% da MV da cana-de-açúcar de CaO sem diluição em água (CLs), 1% da MV da cana-de-açúcar de CaO diluído em água (CLa), 1% da MV da cana-de-açúcar de  $\text{CaCO}_3$  sem diluição em água (CCs), 1% da MV da cana-de-açúcar de  $\text{CaCO}_3$  diluído em água (CCa), associação dos tratamentos LB e CLs (CLsLB) e dos tratamentos LB e CLa (CLaLB). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições. Foram utilizados 32 baldes de plástico com 20 L de capacidade como silos experimentais. Os baldes foram mantidos em temperatura ambiente durante 62 dias. Foram avaliadas as perdas totais, por gases e efluentes, estabilidade aeróbia e composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar. As médias foram calculadas pelo LS MEANS, pelo procedimento GLM do SAS (2002) e a comparação das médias deu-se com 5% de significância. As fontes de cálcio foram responsáveis pelas maiores variações nos componentes fibrosos das silagens em relação ao tratamento CT, especialmente quanto aos teores de FDN e HEM. A maior DVIVMS foi observada no tratamento contendo cal virgem diluída em água exclusiva (57,01%) ou associada ao LB (56,63%). As fontes de cálcio também foram responsáveis por preservar maior quantidade de CHO's que nos tratamentos CT e LB, apresentando teor sempre superior a 6% de CHO's na MS. O teor de etanol foi superior na silagem controle em relação aos demais tratamentos, ainda que, no geral, os valores tenham sido mais baixos que os relatados em literatura. Os valores de pH encontrado nos tratamentos contendo fontes de cálcio foram superiores (média de 4,63) aos observados para os tratamentos CT (3,62) e LB (3,42). Os tratamentos contendo cal virgem aumentaram significativamente o teor de ácido butírico nas silagens, apresentando valor superior a 3,29% da MS. As maiores perdas foram encontradas nas associações de tratamentos químicos e microbiano e nos tratamentos exclusivos contendo LB ou cal virgem. A recuperação de MS digestível foi maior para o tratamento CLa (51,83%) e menor no tratamento controle (45,86%). Os tratamentos contendo cal virgem apresentaram-se mais estáveis durante a exposição aeróbia, levando mais tempo para superar a temperatura ambiente em 2°C e menores acúmulos da diferença entre a temperatura da massa e do ambiente. Não foi verificada diferença entre os tratamentos com relação à perda de MS durante o ensaio de estabilidade aeróbia. A cal virgem apresentou-se como boa opção de aditivo para a ensilagem da cana-de-açúcar, com melhores resultados em composição químico-bromatológica, valor nutritivo da



silagem e melhor estabilidade em aerobiose, ainda que tenham apresentado algumas das maiores perdas fermentativas dentre os tratamentos.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Cal virgem; Estabilidade aeróbia; *Lactobacillus buchneri*; Perdas fermentativas

## Abstract

### Calcium sources and microbial additive on the fermentation pattern, conservation losses and aerobic stability of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) silages

This study aimed to evaluate the effects of microbial and/or calcium sources over fermentative losses, fermentative profile, chemical composition and aerobic stability of sugar cane silages. The sugar cane variety used was RB 72-454 with 24 brix degree. The treatments were: no additive (CT), *L. buchneri* applied at  $5 \times 10^4$  cfu/g of forage (LB), 1% of CaO, powder form (CLs), 1% of CaO diluted in water (CLa), 1% of CaCO<sub>3</sub>, powder form (CCs), 1% of CaCO<sub>3</sub> diluted in water (CCa), association of LB and CLs (CLsLB) and association of LB and CLa (CLaLB). It was a completely randomized design with eight treatments and four replications each. Thirty-two 20-L plastic buckets were used as experimental unities. After filling in the buckets they were placed at room temperature during 62 days. The parameters analyzed were: total losses, gases losses, effluent yield, aerobic stability and chemical composition of sugar cane silages. Means were calculated by LS MEANS, using the GLM procedure (SAS, 2002) at 5% of significance. Chemical treatments were responsible for the greatest variation in fiber content of silages, especially in NDF and hemicellulose content. The highest IVTDMD were observed in calcium oxide treatments, both exclusively (57.01%) or associated to the LB (56.63%). The chemical additives were also responsible for preserving most of the original content of water soluble carbohydrates (WSC), all of them showed more than 6% of WSC. Although the ethanol levels were lower than related in the literature, all of the silages added with Ca sources decreased the ethanol content compared to the CT treatment. The pH of were higher (averaging 4.63) than CT (3.62) or LB (3.42) silages. The calcium oxide silages increased the butyric acid level in sugar cane silages, reading values higher than 3.29%. The biggest fermentative losses were found in the treatments with LB or CL or their associations. The highest digestible dry matter recovery rate was observed in CLa treatment (51.83%) and the lowest in the control silages (45.86%). The calcium oxide treatments were more aerobically stable and these treatments also showed the lowest temperature accumulation among all treatments. There were no differences regarding the DM losses during the aerobic exposure trial. Eventough, calcium oxide has presented the highest DM losses, it could be a good option as additive for sugar cane silage, based on the better results in chemical composition, nutritive value and aerobic stability.

Key words: Aerobic stability; Calcium oxide; Fermentative losses; *Lactobacillus buchneri*; Sugar cane

## 4.1 Introdução

A utilização da cana-de-açúcar como fonte de volumoso para a alimentação de animais, sobretudo ruminantes, é tradicional e de amplo conhecimento dos produtores e da comunidade científica. A forma mais comum de utilização é *in natura*, com picagem e fornecimento imediato aos animais. Outras formas tais como: seus resíduos ou subprodutos, como a ponta, bagaço cru ou submetido ao tratamento físico de pressão de vapor também aconteciam e até hoje em dia são usadas.

Trata-se de uma cultura que recebeu grande incentivo de desenvolvimento com o programa governamental Proálcool, especialmente nas décadas de 70 e 80, que resultou no avanço de técnicas de cultivo e lançamento de variedades com maior potencial de produção de biomassa e açúcares.

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, fora do período da safra, sofre restrições, pois a forragem apresenta menor valor nutritivo, com a queda no teor de sacarose (MATSUOCA; HOFFMANN, 1993). Além disso, a dificuldade de corte e picagem para fornecimento diário, o inconveniente dos tratos culturais escalonados e as subseqüentes quedas em produtividade devido a isto, despertaram o interesse para a ensilagem dessa espécie como alternativa ao fornecimento *in natura*.

Todavia, desde o início dos estudos na ensilagem da cana-de-açúcar na década de 70, são relatados os entraves do processo fermentativo nessa cultura que apresenta, aliado aos altos teores de carboidratos solúveis em água, grande número de leveduras epifíticas, promovendo fermentação alcoólica.

Dessa forma, a ensilagem da cana-de-açúcar estaria na dependência da busca por aditivos que controlem a população de leveduras, a fermentação alcoólica e, como última conseqüência, a estabilidade aeróbia após a abertura.

De acordo com Nussio e Schmidt (2004), a produção de etanol, em detrimento à queda do valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, talvez sejam as principais dificuldades apresentadas pelo processo de conservação desta forragem, além do maior desafio da pesquisa na busca por medidas que controlem adequadamente a população e a atividade de leveduras, sem prejuízo do valor nutritivo da silagem e do desempenho de animais.

A pesquisa de aditivos, tanto químicos, quanto os microbianos, na ensilagem da cana-de-açúcar é assunto que vem despertando muito interesse científico na área de conservação de forragens. Como relatado por Schmidt (2006), até o ano de 1998 nenhum resumo sobre a ensilagem da cana-de-açúcar durante as Reuniões Anuais da SBZ havia sido publicado, a partir de 1999 é crescente número de estudos e também instituições envolvidas.

Segundo Pedroso (2003), os aditivos são capazes de reduzir perdas de valor nutritivo na ensilagem da cana-de-açúcar, mas a escolha do aditivo adequado é fundamental, uma vez que existe a possibilidade de se obter efeitos opostos. Além disso, de acordo com Schmidt (2006), a escolha do aditivo deve ser baseada em critérios que considerem aspectos como recuperação de MS na ensilagem, estabilidade em ambiente aeróbio e o desempenho de animais que consumam essas silagens.

Dentre os aditivos aplicados à ensilagem da cana-de-açúcar existem os químicos, especialmente os alcalinizantes, e os microbianos. Os aditivos químicos podem ser divididos em agentes alcalinizantes ou hidrolíticos, aditivos nutrientes e aditivos conservantes, estes podem ser ácidos ou sais. Essa classe de aditivos pode atuar ao inibir o desenvolvimento de determinados grupos de microrganismos, ao alterar a pressão osmótica ou a composição bromatológica das silagens (SANTOS, 2007).

No grupo de aditivos químicos alcalinizantes, destacam-se os hidróxidos, os óxidos básicos e os carbonatos. Os estudos iniciais foram conduzidos com o hidróxido de sódio (NaOH), hoje em dia pouco utilizado em virtude dos perigos de manuseio. Mais recentemente, o uso da cal virgem (CaO) vem despertando interesse na aditivação da cana-de-açúcar ensilada. O apelo de agente hidrolítico desse composto, ao promover quebra da fração fibrosa da cana-de-açúcar quando a cana-de-açúcar é tratada no manejo de montes abriu a frente da pesquisa e para que fosse utilizado durante a fermentação das silagens de cana-de-açúcar.

Dentre os aditivos microbianos, o *Lactobacillus buchneri* apresentou resultados muito importantes em silagens de milho, que o promoveu a ser uma alternativa viável na ensilagem da cana-de-açúcar. O *L. buchneri* é uma bactéria heterolática que, além do ácido láctico, sintetiza o ácido acético. Esse ácido tem reconhecido poder antifúngico,

promove controle de leveduras, além de aumento significativo da estabilidade de silagens expostas ao ar (QUEIROZ, 2006).

Na tentativa de se conseguir eficiência durante todas as fases do processo fermentativo, a associação de aditivos no processo de ensilagem tem sido testada. A associação de aditivos químicos com microbianos foi avaliada por Siqueira et al. (2007). Os autores verificaram que os melhores resultados deram-se na associação dos aditivos químicos com o *L. buchneri*, no que se referiu à recuperação de MS durante a ensilagem e estabilidade aeróbia.

O objetivo desse trabalho foi estudar o efeito de um aditivo microbiano, aditivos químicos e suas associações sobre as perdas fermentativas, os parâmetros fermentativos, a composição químico-bromatológica e a estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar.

## **4.2 Material e Métodos**

### **4.2.1 Local e data do experimento**

O experimento foi desenvolvido no Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, Setor de Ruminantes, localizado no campus “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP. As análises bromatológicas dos volumosos e rações foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do mesmo Departamento.

O processo de ensilagem aconteceu no dia 13 de Setembro de 2005, sendo a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) colhida em uma propriedade próxima ao campus e transportada picada. As coordenadas geográficas aproximadas da propriedade rural eram: 22°46' S e 47°34' O. A forragem foi oriunda do mesmo talhão que foi utilizado no terceiro experimento desta tese (Capítulo 5).

#### 4.2.2 Desenho experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado contendo oito tratamentos e quatro repetições, totalizando 32 baldes, as unidades experimentais. Os tratamentos utilizados são descritos a seguir:

- CT – silagem de cana-de-açúcar sem aditivo;
- LB – silagem de cana-de-açúcar inoculada, no momento da ensilagem, com LalSil Cana, da Lallemand<sup>®</sup>, na dose comercial do produto (2 g/t MV);
- CLs – silagem de cana-de-açúcar aditivada, no momento da ensilagem, com 1% de CaO, aplicado na forma seca;
- CLa – silagem de cana-de-açúcar aditivada, no momento da ensilagem, com 1% de CaO, aplicado em solução aquosa;
- CCs – silagem de cana-de-açúcar aditivada, no momento da ensilagem, com 1% de CaCO<sub>3</sub>, aplicado na forma seca;
- CCa – silagem de cana-de-açúcar aditivada, no momento da ensilagem, com 1% de CaCO<sub>3</sub>, aplicado em solução aquosa;
- CLsLB – associação dos tratamentos CLs e LB;
- CLaLB – associação dos tratamentos CLa e LB.

#### 4.2.3 Composição química das forragens, confecção das silagens e dos silos experimentais

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 72-454, oriunda do 4º corte, foi colhida madura, apresentava teor médio de sólidos solúveis de 24°Brix, de acordo com medida de refratômetro de campo Tokyo<sup>®</sup>, modelo 032.

O corte foi realizado pela colhedora da marca Menta Mit<sup>®</sup>, modelo Colhimenta 3000, acoplada ao trator dotado de redutor e com regulagem ajustada para corte com tamanho médio de partículas entre 0,5 e 1,0 cm. A forragem foi transportada picada em caminhões basculantes desde a propriedade onde foi cultivada, distante em aproximadamente 6 km do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ.

Os silos experimentais (unidades experimentais) consistiram de baldes de plástico de 20 litros de capacidade com tampas apropriadas para garantir a vedação adequada. No fundo de cada balde foram colocados 2 kg de areia seca, protegida com uma tela fina de plástico e uma camada de tecido de algodão, com a finalidade de evitar o contato da areia com a forragem e permitir a medida quantitativa do efluente produzido. As tampas dos baldes, apresentavam válvula do tipo Bunsen para escape dos gases produzidos. O conjunto (balde + tampa + areia seca + tela + tecido de algodão) foi pesado e teve sua tara anotada individualmente.

Para cada tratamento foram pesados 80 kg de cana-de-açúcar picada para a confecção de quatro silos experimentais. Os mesmos foram preparados para acomodarem quantidades semelhantes de cana-de-açúcar, aproximadamente 11 kg de forragem em cada um dos baldes. Isso foi suficiente para que a densidade atingisse próximo de 550 kg/m<sup>3</sup>.

O tratamento CT foi ensilado sem aditivo algum, somente a cana-de-açúcar exclusiva sendo ensilada e compactada com os pés. No tratamento LB a forragem foi tratada com o inoculante comercial LaSil Cana, da Lallemand<sup>®</sup>, constituído da cepa NCIMB 40788 da bactéria heterolática *L. buchneri*. Foi adotada a dose comercial (2 g/t MV), que correspondeu a 0,16 g do produto comercial para aditar os 80 kg de forragem. Essa quantidade foi diluída em 800 mL de água deionizada para garantir boa homogeneização. A aplicação se deu pelo uso de aspersores de jardinagem.

Os tratamentos químicos CLs e CCs foram confeccionados de forma semelhante, sendo misturados 800 g (1% da MV) na forma seca de CaO e CaCO<sub>3</sub>, respectivamente, aos 80 kg de cana-de-açúcar picada. Da mesma forma, os tratamentos CLa e CCa tiveram os 800 g de CaO e CaCO<sub>3</sub>, respectivamente, diluídos em 3,2 L de água deionizada e misturados aos 80 kg de forragem.

Os tratamentos CLsLB e CLaLB foram compostos pela associação do tratamento LB com os tratamentos CLs e CLa, respectivamente. Isso ocorreu levando-se em conta todos os procedimentos adotados nos tratamentos exclusivos, tanto em doses, como na homogeneização da massa, com a diferença de terem sido associados. Após a aplicação de cada aditivo a massa foi cuidadosamente revolvida por inúmeras vezes para se atingir o máximo de homogeneidade possível.

A composição bromatológica da forragem que deu origem a cada um dos tratamentos estudados foi estimada pelo NIR, seguindo os procedimentos descritos na seção 3.2.8 desta tese. Também nessa seção há a descrição dos procedimentos adotados para mensurações do pH da massa ensilada, do teor de carboidratos solúveis em água e da capacidade tamponante das forragens (Tabelas 4.1; 4.2 e 4.3).

Tabela 4.1 – Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) da cana-de-açúcar tratada no momento da ensilagem

<b>Tratamento</b>	<b>MS (%)</b>	<b>MM (% MS)</b>	<b>PB (% MS)</b>
CT	35,81	2,56	3,31
LB	40,95	3,11	2,90
CLs	38,49	3,53	3,68
CLa	36,92	3,59	3,71
CCs	36,15	2,99	3,01
CCa	37,97	3,55	3,21
CLsLB	35,02	4,08	3,67
CLaLB	34,31	4,20	3,09

Na Tabela 4.1 verifica-se que a cana-de-açúcar tratada apresentou teores de MS variando de 34,31% (tratamento CLaLB) a 40,95% (tratamento LB). Os teores de MM das forragens de cana-de-açúcar tratadas para ensilagem variaram de 2,56% MS (CT) até 4,20% MS (CLaLB). Os teores de PB dessas forragens aditivadas para a experimentação apresentaram em maiores níveis no tratamento CLs (3,68% MS) e em menores no tratamento LB (3,09 % MS).

Na Tabela 4.2 pode-se verificar a variação nos teores de FDN, FDA, HEM e do coeficiente de DVIVMS de forragens de cana-de-açúcar tratadas para serem ensiladas nos baldes.

O teor de FDN variou de 51,96% MS no tratamento CLaLB até 56,05% MS no tratamento CLs. Os teores máximos e mínimos observados entre os tratamentos pré-ensilagem também apresentaram os extremos em relação à fração FDA. No tratamento CLs foram verificados os máximos teores dessa fração fibrosa (35,39% MS) e no



tratamento CLaLB observou-se os teores mínimos (32,12% MS). Quanto à HEM, houve variação de 19,77% MS (tratamento CLa) até 22,43% MS (tratamento CCa).

Tabela 4.2 – Teores fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) da cana-de-açúcar tratada no momento da ensilagem

Tratamento	FDN (% MS)	FDA (% MS)	HEM (% MS)	DVIVMS (%)
CT	54,61	33,88	20,73	56,51
LB	55,06	33,58	21,48	56,12
CLs	56,05	35,39	20,66	55,91
CLa	54,52	34,75	19,77	56,90
CCs	55,00	33,55	21,45	56,97
CCa	54,91	32,48	22,43	57,85
CLsLB	55,29	34,27	21,02	57,34
CLaLB	51,96	32,12	19,84	59,68

O teor de FDN variou de 51,96% MS no tratamento CLaLB até 56,05% MS no tratamento CLs. Os teores máximos e mínimos observados entre os tratamentos pré-ensilagem também apresentaram os extremos em relação à fração FDA. No tratamento CLs foram verificados os máximos teores dessa fração fibrosa (35,39% MS) e no tratamento CLaLB observou-se os teores mínimos (32,12% MS). Quanto à HEM, houve variação de 19,77% MS (tratamento CLa) até 22,43% MS (tratamento CCa).

A DVIVMS apresentou maior coeficiente para o tratamento de cana-de-açúcar contendo a associação de cal virgem e LB em água, CLaLB (59,68%). O menor coeficiente de DVIVMS foi observado no tratamento CLs (55,91%).

A elevada capacidade tamponante dos aditivos químicos pode ser observada na Tabela 4.3, que demonstra que os aditivos alcalinizantes, com exceção do tratamento CCs, levaram à capacidades tamponantes superiores a 12,92 e.mg de HCl/100 g MS.

Tabela 4.3 – Valores de pH, capacidade tamponante (CaT) e teor de carboidratos solúveis em água (CHO's) da cana-de-açúcar tratada no momento da ensilagem

<b>Tratamento</b>	<b>pH</b>	<b>CaT (e.mg de HCl/100 g MS)</b>	<b>CHO's (% MS)</b>
CT	6,08	3,15	27,97
LB	5,99	3,08	19,65
CLs	11,67	16,82	18,45
CLa	11,60	15,35	28,37
CCs	6,81	4,63	31,21
CCa	7,58	12,92	26,05
CLsLB	11,57	24,42	26,40
CLaLB	11,18	17,95	28,16

Com esse efeito tamponante houve efeito sobre o pH das forragens, sobretudo nas aditivadas de cal virgem, exclusivo ou associado, ao aditivo microbiano, sendo os mesmos elevados a valores superiores a 11,0.

Os teores de CHO's das canas-de-açúcar tratadas no momento da ensilagem variaram de 18,45% MS (tratamento CLs) até 31,21% MS (tratamento CCs).

Tabela 4.4 – Composição química dos aditivos químicos utilizados

<b>Elemento</b>	<b>CaO</b>	<b>CaCO<sub>3</sub></b>
Óxido de cálcio, %	72,13	51,86
Óxido de magnésio, %	0,00	0,00
Carbonato de cálcio, %	129,11	92,83
Carbonato de magnésio, %	0,00	0,00
Sílica e insolúveis, %	0,96	2,16
Poder de neutralização, %	141,00	103,00
PRNT	141,00	102,49

Fonte: Análise do Departamento de Ciência do Solo da USP/ESALQ em 03/10/2006.

Também foi realizada a análise dos aditivos, CaO e CaCO<sub>3</sub>, utilizados neste ensaio e os resultados estão apresentados na Tabela 4.4.

Com a acomodação final da forragem, o silo experimental foi fechado e vedado com fita adesiva na tentativa de se evitar a entrada de ar no balde. Em seguida, os baldes cheios foram pesados, armazenados em local protegido e mantidos em temperatura ambiente.

#### 4.2.4 Abertura dos silos experimentais

Decorridos 62 dias do fechamento, os silos experimentais foram abertos em 14 de Novembro de 2005. Na abertura foram retiradas as fitas adesivas utilizadas para vedação e os seguintes passos foram tomados:

- Pesagem do balde fechado antes da abertura;
- Retirada e descarte da silagem deteriorada;
- Retirada e coleta de amostras da silagem satisfatória;
- Pesagem do conjunto (balde + tampa + areia úmida + tela + tecido de algodão).

Dessa maneira, foi possível que os tratamentos aplicados à cana-de-açúcar fossem avaliados quanto à perda total de matéria seca e perdas fermentativas (perdas por gases e perdas por efluentes).

#### 4.2.5 Determinação da perda por gases

A perda de matéria seca decorrente da produção de gases foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS na ensilagem e abertura, em relação à quantidade de MS ensilada, descontado o peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + tela + tecido de algodão), essa equação foi descrita por Jobim et al. (2007) e está demonstrada na Equação 4.1:

$$G = \left\{ \frac{[(PC_{en} - P_{en}) \times MS_{en}] - [(PC_{ab} - P_{en}) \times MS_{ab}]}{[(PC_{en} - P_{en}) \times MS_{en}]} \right\} \times 100 \quad (4.1)$$

Na qual:

$G$  = Perda por gases (% MS);

$PC_{en}$  = Peso do balde cheio na ensilagem (kg);

$P_{en}$  = Peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + tela + tecido de algodão) na ensilagem (kg);

$MS_{en}$  = Teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

$PC_{ab}$  = Peso do balde cheio na abertura (kg);

$MS_{ab}$  = Teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

Essa equação melhor se ajustou ao cálculo da perda gasosa, segundo Schmidt (2006), comparativamente às utilizadas (MARI, 2003; PAZIANI, 2004; PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005), sendo a partir de então a equação adotada.

#### 4.2.6 Determinação da perda por efluente

A determinação do efluente produzido ocorreu por meio da diferença de pesagens do conjunto (balde + tampa + areia + tela + tecido de algodão), depois e antes da ensilagem, em relação à quantidade de MV ensilada. Após retirar toda a silagem do silo experimental, o conjunto (balde + tampa + areia úmida + tela + tecido de algodão) foi pesado e subtraiu-se o peso do mesmo conjunto antes da ensilagem, ou seja, o conjunto com a areia seca. Dessa maneira, efetuou-se a estimativa da produção de efluente drenado para o fundo do balde, conforme Equação 4.2, também descrita no trabalho de Jobim et al. (2007):

$$E = \left[ \frac{(P_{ab} - P_{en})}{MV_{en}} \right] \times 100 \quad (4.2)$$

Na qual:

$E$  = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

$P_{ab}$  = Peso do conjunto (balde + tampa + areia úmida + tela + tecido de algodão) na abertura (kg);

$P_{en}$  = Peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + tela + tecido de algodão) na ensilagem (kg);

$MV_{en}$  = Massa verde de forragem na ensilagem (kg).

#### 4.2.7 Determinação da perda total de MS

A perda total de matéria seca foi estimada pela diferença entre o peso bruto de MS na ensilagem e na abertura dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontado o peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + tela + tecido de algodão) na ensilagem e o peso do conjunto (balde + tampa + areia úmida + tela + tecido de algodão) na abertura. A equação (4.3) proposta por Jobim et al. (2007) está descrita abaixo:

$$PMS = \left\{ \frac{[(PC_{en} - P_{en}) \times MS_{en}] - [(PC_{ab} - P_{ab}) \times MS_{ab}]}{[(PC_{en} - P_{en}) \times MS_{en}]} \right\} \times 100 \quad (4.3)$$

Na qual:

$PMS$  = Perda total de matéria seca (%);

$PC_{en}$  = Peso do balde cheio na ensilagem (kg);

$P_{en}$  = Peso do conjunto (balde + tampa + areia seca + tela + tecido de algodão) na ensilagem (kg);

$MS_{en}$  = Teor de matéria seca da forragem na ensilagem (%);

$PC_{ab}$  = Peso do balde cheio na abertura (kg);

$P_{ab}$  = Peso do conjunto (balde + tampa + areia úmida + tela + tecido de algodão) na abertura (kg)

$MS_{ab}$  = Teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

#### 4.2.8 Coleta de amostras na abertura dos silos experimentais

Depois da abertura dos silos experimentais, a camada inicial de silagem, de aproximadamente 10 cm, foi descartada. O restante foi acondicionado em sacos plásticos de 50 litros e homogeneizado. Após a homogeneização, foram coletadas duas amostras de forragem de cada silo. A primeira amostra, de cerca de 250 g, foi acondicionada em sacos de papel previamente pesados e levada à estufa de ventilação forçada de ar regulada para temperatura de 55°C, permanecendo por 72 horas. Com isso, foi possível determinar o teor de MS de cada amostra após a pesagem da amostra seca. Além disso, a amostra foi posteriormente moída em moinho do tipo *Wiley* provido de peneiras com crivo de 1 mm de diâmetro.

Uma segunda amostra contendo aproximadamente 50 g foi congelada e mantida em - 20°C para confecção do extrato aquoso.

#### 4.2.9 Ensaio de estabilidade aeróbia das silagens

O ensaio de estabilidade aeróbia iniciou-se em 14 de Novembro de 2005 e teve a duração de dez dias. Cada um dos silos experimentais deu origem a uma unidade de teste em aerobiose. Isso fez que com se mantivesse o delineamento experimental do ensaio inicial, tratando-se de um delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos (mesmo tratamentos das silagens) e quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

O método utilizado para avaliar a estabilidade aeróbia foi previamente descrito por Ranjit e Kung Junior (2000). Nesse estudo os autores consideram o final da estabilidade aeróbia como sendo o momento em que a temperatura da massa exposta ao ar excede a temperatura do ambiente em 2°C.

Após a homogeneização das silagens, aproximadamente 4 kg desse material foram acondicionados, sem serem compactados, em baldes de PVC de 20 L de capacidade. No centro da massa de forragem ou ração (volumoso + concentrado) de cada balde foi instalado um sensor eletrônico de aquisição de dados de temperatura (*Data loggers*) da marca Dickson®, modelo SK100 (Dickson® Technologies, Addison, IL,

USA). Este foi programado para que registrasse as temperaturas da massa em intervalos de uma hora. Os baldes foram posicionados aleatoriamente em sala climatizada com temperatura média de  $24,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Dentro da sala um dos sensores também foi posicionado e serviu de base de dados da temperatura do ambiente.

Com auxílio do *software* Dicksonware, versão 8.0.5 (Dickson<sup>®</sup> Technologies, Addison, IL, USA) os dados foram recuperados e plotados em função do tempo.

Os baldes tiveram suas taras registradas e foram pesados uma vez ao dia (14:00 horas) para que se pudesse avaliar as perdas de MS durante o ensaio de estabilidade aeróbia.

Ao início do ensaio, no quinto e no décimo dia foram coletadas amostras de aproximadamente 150 g de cada um dos 32 baldes para a determinação do teor de MS, depois foram mantidas por 72 horas, em estufa regulada para  $55^{\circ}\text{C}$ .

Diariamente foram coletadas amostras (25 g) de cada balde para a mensuração do pH. Essas amostragens bem como as acima mencionadas foram computadas à massa para avaliação das perdas de MS no quinto e décimo dias.

Os parâmetros avaliados durante todo o ensaio foram definidos por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001): número de horas para a massa atingir a temperatura máxima (HTmax); temperatura máxima atingida pela massa (Tmax); acúmulo térmico de 5 e 10 dias (ADITE-5 e ADITE-10), da diferença média diária entre a temperatura das silagens e a temperatura ambiente; pH máximo alcançado (pHmax); número de dias para se atingir o pH máximo (DpHmax); perda de MS de 0 a 5 (PMS0-5) e 0 a 10 dias (PMS0-10). Além daquela definida por Ranjit e Kung Junior (2000), número de horas para elevação da temperatura em  $2^{\circ}\text{C}$  ( $\text{H}2^{\circ}\text{C}$ ) em relação à temperatura do ambiente.

#### **4.2.10 Análises químico-bromatológicas**

O método previamente descrito por Berzaghi; Cozzi e Andrighetto (1997) e Cozzolino; Acosta e Garcia (2001) foi utilizado para análise de espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIR) para estimativa dos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra

insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS).

O aparelho utilizado foi o espectrômetro modelo NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems® Inc., Silver Spring, MD, USA) acoplado a microcomputador equipado com *software* WinISI II 1.5 (Intrasoft International, Port Matilda, PA, USA). O material moído foi escaneado para obtenção dos espectros NIR. Foi utilizada para a leitura das amostras a célula *Transport quarter cup*, modelo IH – 0379. Foram utilizadas 523 amostras, geradas dos três experimentos que compõem esta tese para gerar o banco de dados, conforme demonstrado na seção 3.2.8.

O conjunto de amostras foi escaneado obtendo-se leituras compreendidas entre comprimentos de onda de 1100 a 2498 nm. Esses espectros foram armazenados em curvas log (1/R), a intervalos de 2 nm. Utilizaram-se os métodos de seleção de amostras existentes no *software* do equipamento, por meio dos algoritmos CENTER e SELECT (SHENK; WESTERHAUS, 1991). O algoritmo CENTER descarta as amostras com distância superior a 3,0 H (distância padronizada de Mahalanobis) da média, sendo consideradas como *outliers*. O algoritmo SELECT verifica a distância de seu vizinho mais próximo no conjunto de amostras, adotando-se a distância máxima de NH (*Neighborhood H*) de 0,8 H, de forma a selecionar amostras representativas de variação espectral. Do total de amostras do banco de dados o *software* selecionou 99 para a análise química e posterior desenvolvimento de curvas de calibração.

Os teores de matéria seca (MS) e mineral (MM) das amostras selecionadas pelo NIR foram determinados segundo método da AOAC (1980).

O teor de PB foi determinado por meio da combustão das amostras, de acordo com o método de *Dumas*, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio, marca LECO® (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA), modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998).

As determinações dos teores de FDN e FDA aconteceram pelo método seqüencial proposto pela *ANKOM Fiber Analyser* (ANKOM® Technology Corp., Fairport, NY, USA) e descrito por Holden (1999). O teor de HEM foi calculado pela diferença entre os teores de FDN e FDA, sendo que o mesmo também foi inserido no banco de dados do NIR e calculado da mesma maneira.



O coeficiente de DVIVMS foi calculado seguindo o mesmo protocolo proposto da *ANKOM Daisy Incubator* (ANKOM<sup>®</sup> Technology Corp., Fairport, NY, USA), também descrito por Holden (1999). O fluido ruminal foi obtido de uma vaca da raça Holandesa fistulada no rúmen, pesando aproximadamente 600 kg. O animal foi mantido previamente em alimentação básica com feno de gramínea e mistura mineral.

Foi utilizado o modelo de regressão multivariada MPLS (*Modified Partial Least Squares*) com vários tratamentos matemáticos dos espectros NIR para que cada uma das variáveis fosse calculada separadamente. Os tratamentos matemáticos (*derivative, gap over, smooth, second smooth*) utilizados foram: 1,4,4,1; 2,4,4,1; 2,10,10,1; 2,20,20,1. As equações desenvolvidas foram selecionadas pelos menores erros padrão de calibração (SEC) e validação cruzada (SECV) e pelos maiores coeficientes de determinação da calibração ( $R^2$ ) e de validação cruzada (1-VR). Depois de escolhidas as equações, estimou-se os teores dos nutrientes de todo o banco de dados.

As amostras das silagens coletadas foram descongeladas e preparadas segundo metodologia de Kung Junior et al. (1984). A uma amostra de 25 g de forragem foram adicionados 225 mL de água deionizada, sendo processada durante um minuto no liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymesen<sup>®</sup>. Em seguida o valor de pH foi medido no amostra processada com o uso de potenciômetro digital modelo DM 20, marca Digimed<sup>®</sup>. Na seqüência, o extrato preparado foi filtrado em papel de filtro Whatman<sup>®</sup> 54, acidificado com três gotas de ácido sulfúrico (50%) e centrifugado durante 15 minutos a 10.000 x g. O sobrenadante foi transferido para microtubos plásticos com capacidade de 1,5 mL e armazenados à - 20°C.

O extrato aquoso foi ponto de partida para determinação do teor de carboidratos solúveis (CHO's) em água das silagens de cana-de-açúcar. 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 extrato aquoso das silagens ou das soluções padrões de sacarose foi adicionada a solução de fenol. Depois da homogeneização, as soluções descritas acima foram acidificadas com ácido sulfúrico 98%, sendo em seguida conduzidas ao banho-maria regulado à 37°C, onde permaneceram por 20 minutos. Passado este período, uma alíquota das soluções foi pipetada para placas de microtubo e encaminhada para leitura de absorbância em

leitor de microplaca (Bio-Rad<sup>®</sup>, Hercules, CA, USA) utilizando-se filtro para absorvância de 490 nm. O *software* do equipamento fez os cálculos dos teores de CHO's a partir de valores de absorvância da curva padrão e estimou os teores das amostras ( $\mu\text{g/mL}$ ). Os valores foram corrigidos para percentual da MS para fins de comparação com resultados de literatura.

O teor de ácido láctico foi determinado segundo metodologia adaptada de Pryce (1969). As soluções padrões de ácido láctico foram preparadas segundo método descrito pelo autor. Adicionou-se 3,95 mL do reagente precipitante (contendo tungstato de sódio, ácido ortofosfórico 90% e sulfato de cobre) a 50  $\mu\text{L}$  de solução padrão ou extrato de silagem em tubos de ensaio e agitados por 5 segundos. A seguir, centrifugou-se por cinco minutos a 2000 x *g*. O sobrenadante foi pipetado para outro tubo de ensaio e a ele foram adicionados 6 mL de ácido sulfúrico concentrado. Depois de dois minutos os tubos foram agitados por 10 segundos em vortex, seguido de resfriamento dos mesmos em água corrente. A etapa seguinte foi adição de 100  $\mu\text{L}$  de reagente de coloração (1,5 g de p-hidroxibifenil, em 100 ml de dimetilformamida) ao produto de análise e nova agitação em vortex por cinco segundos. Depois de descanso de dez minutos, os tubos passaram por banho em água fervente durante 90 segundos, estando assim, prontos para a leitura de absorvância que foi realizada pelo espectrofotômetro, modelo 6405 UV/Vis., da marca Jenway<sup>®</sup>, calibrado para comprimento de onda de 565 nm.

Para análise dos ácidos graxos voláteis (C2, C3 e C4) seguiu-se a metodologia descrita por Campos; Nussio e Nussio (2004), na qual 800  $\mu\text{L}$  do extrato aquoso da silagem, juntamente com 200  $\mu\text{L}$  de ácido fórmico e 100  $\mu\text{L}$  de padrão interno foram transferidos para frascos de cromatografia. A leitura foi realizada em cromatógrafo líquido-gasoso, CLG (Hewlett Packard<sup>®</sup> 5890, série II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396, série II (Hewlett Packard Company<sup>®</sup>). O gás de arraste e os comburentes foram nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, respectivamente nas vazões de 20, 30 e 400 mL/min. A temperatura do injetor foi de 150°C, do detector de 190°C e da coluna 115°C.

O teor de etanol (g/L) foi determinado por meio de leitura direta utilizando-se o analisador bioquímico YSI 2700 Select (Biochemistry Analyzer<sup>®</sup>, Yellow Spring, OH,

USA). Também para fins de comparação com dados de literatura, os valores foram calculados em função do percentual de MS das amostras.

#### **4.2.11 Análises estatísticas utilizadas**

Os dados referentes à composição químico-bromatológica das silagens, perdas oriundas do processo fermentativo e parâmetros de avaliação da estabilidade aeróbia foram analisados pelo procedimento GLM do SAS (2002), por se tratarem de delineamento completamente casualizado.

Para efeito de comparação de médias em todos os modelos estatísticos utilizados foi utilizado o teste de média dos quadrados mínimos (LS MEANS), com nível de significância de 5 %.

### **4.3 Resultados**

#### **4.3.1 Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar**

Na Tabela 4.5 estão demonstrados os resultados da comparação das médias dos teores de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta.

Houve efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) no teor de MS das silagens de cana-de-açúcar. Os teores de MS variaram de 40,36% (CCs) a 37,25% (CT).

Também com relação ao teor de MM foi verificado efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ). A amplitude de variação desse teor foi de 10,37% MS (CLsLB) a 3,73% MS (LB). Pode-se verificar que a adição dos aditivos químicos foi efetiva em aumentar o teor de minerais na composição química das silagens de cana-de-açúcar.

Ainda na Tabela 4.5 evidencia-se o efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre a variável proteína bruta. Os maiores e menores teores de PB foram encontrados nas silagens tratadas com cal virgem. O menor na cal virgem aplicada em solução aquosa (2,39% MS) e o maior com esse aditivo aplicado a seco (3,32% MS).

Tabela 4.5 – Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

<b>Tratamento</b>	<b>MS (%)</b>	<b>MM (% MS)</b>	<b>PB (% MS)</b>
CT	37,25 <sup>e</sup>	3,97 <sup>f</sup>	3,06 <sup>ab</sup>
LB	40,00 <sup>a</sup>	3,73 <sup>f</sup>	3,23 <sup>a</sup>
CLs	38,15 <sup>cd</sup>	9,78 <sup>ab</sup>	3,32 <sup>a</sup>
CLa	37,73 <sup>cde</sup>	8,74 <sup>c</sup>	2,39 <sup>d</sup>
CCs	40,36 <sup>a</sup>	6,34 <sup>e</sup>	3,11 <sup>ab</sup>
CCa	38,44 <sup>bc</sup>	7,62 <sup>d</sup>	2,52 <sup>cd</sup>
CLsLB	39,05 <sup>b</sup>	10,37 <sup>a</sup>	3,06 <sup>ab</sup>
CLaLB	37,48 <sup>de</sup>	9,22 <sup>bc</sup>	2,77 <sup>bc</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	0,249	0,286	0,114

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

A comparação dos tratamentos para variáveis da fração fibrosa e para o coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS está apresentada na Tabela 4.6.

Foi observado efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre a variável FDN. O teor médio variou de 56,23% MS (tratamento CCa) até 64,29% MS (tratamento CT).

O teor de FDA também sofreu o efeito dos tratamentos ( $P < 0,0001$ ) aplicados às forragens na ensilagem. Os teores máximo e mínimo de FDA foram de 42,78 (CLs) e 36,44% MS (CCa), respectivamente.

Assim como para as variáveis FDN e FDA, a outra fração componente da fibra vegetal, a hemicelulose, apresentou efeito do tratamento ( $P < 0,0001$ ). O teor variou de mínimo de 17,56% MS (CCs) até máximo de 23,50% de HEM na MS (CT).

Foi observado efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre o coeficiente de DVIVMS das silagens de cana-de-açúcar testadas. O tratamento controle foi o único a apresentar coeficiente de DVIVMS inferior a 50%, enquanto que os dois tratamentos em que foi aplicada a cal virgem em solução aquosa (CLa e CLaLB) apresentaram os maiores valores de DVIVMS, 57,01 e 56,63%, respectivamente.

Tabela 4.6 – Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), de hemicelulose (HEM) e coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

Tratamento	FDN (% MS)	FDA (% MS)	HEM (% MS)	DVIVMS (%)
CT	64,29 <sup>a</sup>	40,79 <sup>b</sup>	23,50 <sup>a</sup>	49,15 <sup>e</sup>
LB	59,30 <sup>c</sup>	37,57 <sup>e</sup>	21,73 <sup>b</sup>	52,49 <sup>d</sup>
CLs	63,35 <sup>ab</sup>	42,78 <sup>a</sup>	20,57 <sup>c</sup>	53,10 <sup>cd</sup>
CLa	57,27 <sup>d</sup>	38,60 <sup>d</sup>	18,67 <sup>d</sup>	57,01 <sup>a</sup>
CCs	54,04 <sup>e</sup>	36,48 <sup>f</sup>	17,56 <sup>e</sup>	53,89 <sup>c</sup>
CCa	56,23 <sup>d</sup>	36,44 <sup>f</sup>	19,79 <sup>c</sup>	53,00 <sup>d</sup>
CLsLB	62,20 <sup>b</sup>	41,81 <sup>a</sup>	20,39 <sup>c</sup>	55,86 <sup>b</sup>
CLaLB	59,61 <sup>c</sup>	39,74 <sup>c</sup>	19,87 <sup>c</sup>	56,63 <sup>a</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	0,595	0,339	0,332	0,286

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

Houve efeito de tratamento ( $P = 0,0003$ ) no teor de carboidratos solúveis em água. Os tratamentos CT e LB apresentaram os menores teores desse nutriente, 4,61 e 4,97% MS, respectivamente. Os demais tratamentos que receberam os aditivos químicos alcalinizantes apresentaram níveis de CHO's solúveis superiores a 6,01% MS (CLs), chegando aos máximos de 8,50% MS (CLaLB).

Foi verificado efeito de tratamento ( $P = 0,0015$ ) no teor de ácido láctico das silagens de cana-de-açúcar avaliadas em silos experimentais. Também os tratamentos CT (0,89% MS) e LB (1,03% MS) apresentaram menores níveis. O teor máximo chegou a 2,83% no tratamento CCs.

O teor de etanol observado nas silagens foi alterado conforme o tratamento aplicado ( $P < 0,0001$ ). A silagem que apresentou maior produção de etanol foi o tratamento controle (1,16% MS), enquanto a silagem aditivada com cal virgem em solução aquosa apresentou teor de 0,25% de EtOH na MS.

Os valores de pH também diferiram entre os tratamentos ( $P < 0,0001$ ). Os aditivos alcalinizantes promoveram aumento do pH final da silagens e em praticamente todos esses tratamentos foram superiores a 4,00; exceção feita ao tratamento CCs que apresentou pH de 3,91. Os tratamentos CT e LB apresentaram os menores pH, 3,62 e 3,42, respectivamente.

Tabela 4.7 – Teores de carboidratos solúveis em água (CHO's), ácido láctico, etanol (EtOH) e pH de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

Tratamento	CHO's (% MS)	Ácido láctico (% MS)	EtOH (% MS)	pH
CT	4,61 <sup>c</sup>	0,89 <sup>d</sup>	1,16 <sup>a</sup>	3,62 <sup>f</sup>
LB	4,97 <sup>c</sup>	1,03 <sup>d</sup>	0,58 <sup>b</sup>	3,42 <sup>f</sup>
CLs	6,01 <sup>bc</sup>	1,62 <sup>bc</sup>	0,34 <sup>cde</sup>	4,93 <sup>b</sup>
CLa	8,44 <sup>a</sup>	2,20 <sup>ab</sup>	0,25 <sup>e</sup>	4,79 <sup>c</sup>
CCs	8,18 <sup>a</sup>	2,83 <sup>a</sup>	0,27 <sup>de</sup>	3,91 <sup>e</sup>
CCa	7,74 <sup>ab</sup>	1,93 <sup>bc</sup>	0,43 <sup>c</sup>	4,08 <sup>d</sup>
CLsLB	7,36 <sup>ab</sup>	1,30 <sup>c</sup>	0,36 <sup>cd</sup>	5,13 <sup>a</sup>
CLaLB	8,50 <sup>a</sup>	1,23 <sup>c</sup>	0,36 <sup>cd</sup>	4,92 <sup>bc</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	0,690	0,289	0,037	0,044

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

Não foi verificado efeito do tratamento ( $P = 0,2141$ ) aplicado à cana-de-açúcar na ensilagem sobre o teor de ácido acético. O teor médio determinado desse ácido graxo de cadeia curta foi de 2,11.

O teor de ácido propiônico foi diferente entre os tratamentos ( $P < 0,0001$ ), porém com valores muito baixos.

Houve efeito do tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre o teor de ácido butírico das silagens de cana-de-açúcar. Esses teores variaram de 0,31% MS (LB) até 5,05% MS (CLsLB). A silagem aditivada de cal virgem, seja ela exclusiva ou associada ao *L. buchneri*, sendo o aditivo químico aplicado à seco ou em solução aquosa, apresentou maior teor desse ácido graxo, variando entre 3,29 e 5,05% MS.

Tabela 4.8 – Teores de ácido graxos de cadeia curta e relação entre os teores de ácido láctico e acético (Lac/Ace) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

Tratamento	C2 (% MS)	C3 (% MS)	C4 (% MS)	Lac/Ace
CT	1,20	0,00 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,91 <sup>bc</sup>
LB	2,30	0,05 <sup>a</sup>	0,31 <sup>b</sup>	0,56 <sup>c</sup>
CLs	2,53	0,01 <sup>b</sup>	3,32 <sup>a</sup>	0,65 <sup>c</sup>
CLa	1,64	0,00 <sup>b</sup>	3,29 <sup>a</sup>	1,52 <sup>ab</sup>
CCs	1,70	0,00 <sup>b</sup>	1,33 <sup>b</sup>	1,75 <sup>a</sup>
CCa	2,54	0,00 <sup>b</sup>	0,38 <sup>b</sup>	0,80 <sup>c</sup>
CLsLB	2,59	0,00 <sup>b</sup>	5,05 <sup>a</sup>	0,63 <sup>c</sup>
CLaLB	2,06	0,00 <sup>b</sup>	3,55 <sup>a</sup>	0,65 <sup>c</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	0,388	0,005	0,616	0,240

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

Também foi verificado efeito do tratamento ( $P = 0,0126$ ) na relação entre o teores de ácido láctico e ácido acético (Lac/Ace). A amplitude dessa relação foi de 0,63 (CLsLB) a 1,75 (CCs). Os tratamentos que foram confeccionados com cana-de-açúcar ensilada com a adição de calcário, aplicado seco ou em solução, apresentaram maior relação Lac/Ace, 1,52 e 1,75, respectivamente.

#### 4.3.2 Avaliação de perdas durante o processo fermentativo das silagens de cana-de-açúcar

Na Tabela 4.9 estão apresentadas as perdas oriundas do processo fermentativo de silagens de cana-de-açúcar. Verifica-se que houve efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre a perda total de MS (PMS) das silagens. A perda total variou de 6,69 (CT) a 16,38% (CLaLB).

Tabela 4.9 – Perda total de matéria seca (MS), perda por gases (G) e efluente (E) em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

Tratamento	PMS (%)	G (% MS)	E (kg/t MV)
CT	6,69 <sup>e</sup>	5,76 <sup>c</sup>	9,54 <sup>bc</sup>
LB	11,30 <sup>b</sup>	10,74 <sup>b</sup>	6,01 <sup>c</sup>
CLs	11,44 <sup>b</sup>	10,85 <sup>b</sup>	6,43 <sup>c</sup>
CLa	9,10 <sup>cd</sup>	7,21 <sup>c</sup>	19,80 <sup>a</sup>
CCs	7,55 <sup>de</sup>	6,84 <sup>c</sup>	7,38 <sup>c</sup>
CCa	8,50 <sup>de</sup>	7,26 <sup>c</sup>	12,94 <sup>b</sup>
CLsLB	10,96 <sup>bc</sup>	10,87 <sup>b</sup>	1,02 <sup>d</sup>
CLaLB	16,38 <sup>a</sup>	15,74 <sup>a</sup>	7,30 <sup>c</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	0,655	0,655	1,523

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

O tratamento influenciou ( $P < 0,0001$ ) a perda por gases entre as silagens de cana-de-açúcar. A menor perda por gases foi verificada no tratamento controle (5,76% MS) e a maior foi determinada no tratamento contendo cal virgem, aplicada em solução aquosa e associada ao *L. buchneri* (15,74% MS).

Pôde-se verificar efeito do tratamento aplicado à forragem ( $P < 0,0001$ ) na produção de efluente, em kg/t MV, das silagens de cana-de-açúcar. A amplitude da produção de efluente situou-se entre 1,02 (CLsLB) e 19,80 kg/t MV (CLa).

A recuperação de MS total e digestível estão apresentadas na Tabela 4.10 e Figura 4.1. Também houve efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) com relação à recuperação de MS das silagens de cana-de-açúcar, uma vez que a RMS é o valor complementar da perda total de MS.



Tabela 4.10 – Recuperações de matéria seca (RMS) e matéria seca digestível (RMSDig) em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

<b>Tratamento</b>	<b>RMS (% MS)</b>	<b>RMSDig (% MS)</b>
CT	93,31 <sup>a</sup>	45,86 <sup>e</sup>
LB	88,71 <sup>d</sup>	46,57 <sup>de</sup>
CLs	88,56 <sup>d</sup>	47,02 <sup>de</sup>
CLa	90,90 <sup>bc</sup>	51,83 <sup>a</sup>
CCs	92,46 <sup>ab</sup>	49,83 <sup>b</sup>
CCa	91,51 <sup>ab</sup>	48,51 <sup>bc</sup>
CLsLB	89,04 <sup>cd</sup>	49,58 <sup>b</sup>
CLaLB	83,62 <sup>e</sup>	47,36 <sup>cd</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	0,655	0,449

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

O efeito do tratamento sobre a recuperação de MS digestível também foi verificado ( $P < 0,0001$ ). A RMSDig foi maior para o tratamento CLa (51,83%) e menor no tratamento CT (45,86%).

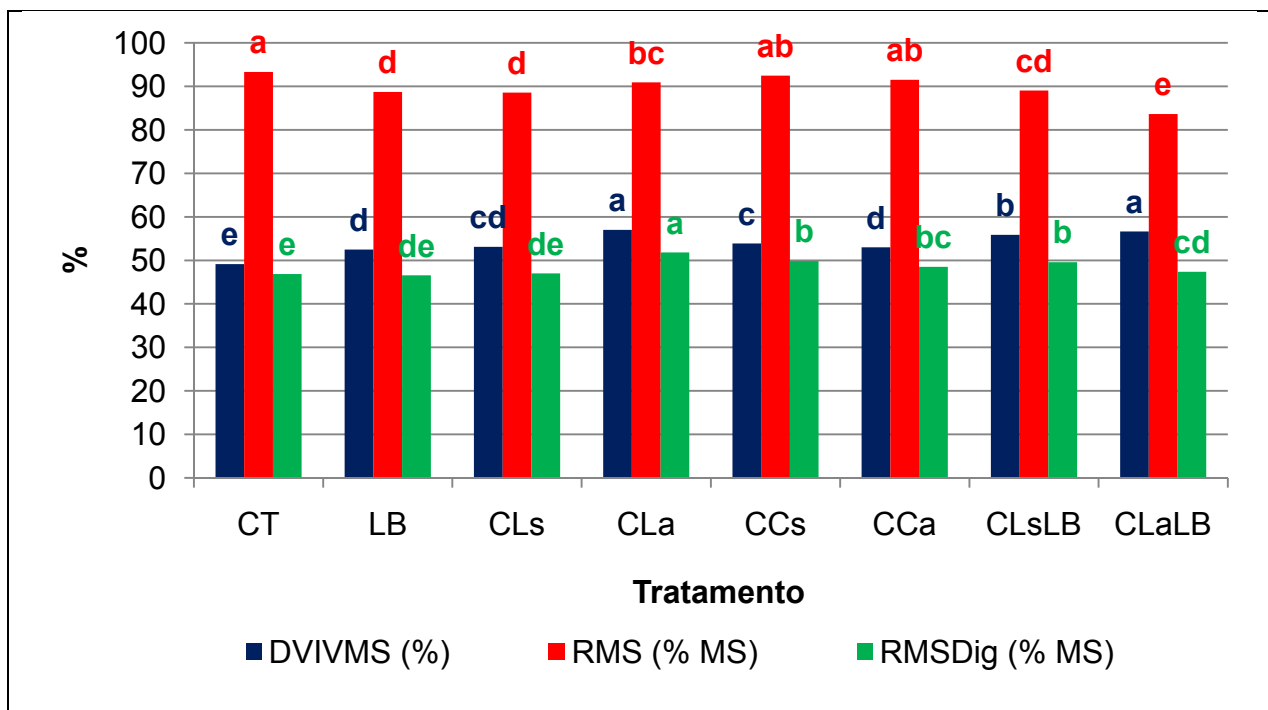


Figura 4.1 – Digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca, recuperação de matéria seca total e digestível em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano

#### 4.3.3 Avaliação das silagens de cana-de-açúcar submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia

Os parâmetros relacionados à estabilidade aeróbia das silagens e referentes às temperatura e pH estão apresentados na Tabela 4.11. Foi verificado efeito de tratamento para o parâmetro temperatura máxima ( $P < 0,0001$ ) atingida durante a exposição aeróbia. As máximas temperaturas foram atingidas pelos tratamentos CT (41,0°C), LB (41,2°C), CCs (40,9°C) e CCa (40,6°C), as mínimas foram registradas para os tratamentos contendo cal virgem aplicada na forma em pó, sendo associada (27,1°C) ou não (25,8°C) com o inoculante bacteriano.

O número de horas para que o pico de temperatura fosse atingido pela massa de forragem foi influenciado pelo tratamento ( $P = 0,0011$ ). O tratamento CLsLB levou o mais tempo (229 h) para atingir a temperatura máxima. Os tratamentos CT (96 h) e CCs (98 h) levaram menos tempo para que o pico de temperatura fosse atingido.

Tabela 4.11 – Parâmetros relacionados à temperatura e ao pH de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano e submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia

Tratamento	Tmax (°C)	HTmax (h)	H2°C (h)	pHmax	DpHmax (dias)
CT	41,0 <sup>a</sup>	96 <sup>e</sup>	56 <sup>c</sup>	5,54 <sup>b</sup>	10,0 <sup>a</sup>
LB	41,2 <sup>a</sup>	156 <sup>bc</sup>	106 <sup>b</sup>	4,85 <sup>b</sup>	9,0 <sup>a</sup>
CLs	25,8 <sup>d</sup>	149 <sup>cd</sup>	240 <sup>a</sup>	4,92 <sup>b</sup>	6,0 <sup>bc</sup>
CLa	33,6 <sup>b</sup>	169 <sup>abc</sup>	101 <sup>bc</sup>	6,56 <sup>a</sup>	7,8 <sup>ab</sup>
CCs	40,9 <sup>a</sup>	98 <sup>de</sup>	60 <sup>bc</sup>	6,80 <sup>a</sup>	9,0 <sup>a</sup>
CCa	40,6 <sup>a</sup>	145 <sup>cde</sup>	101 <sup>bc</sup>	6,96 <sup>a</sup>	7,8 <sup>ab</sup>
CLsLB	27,1 <sup>cd</sup>	229 <sup>a</sup>	197 <sup>a</sup>	5,50 <sup>b</sup>	4,8 <sup>c</sup>
CLaLB	30,7 <sup>bc</sup>	207 <sup>ab</sup>	199 <sup>a</sup>	5,54 <sup>b</sup>	4,8 <sup>c</sup>
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	1,42	17,7	16,9	0,335	0,96

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

O tratamento apresentou efeito ( $P < 0,0001$ ) sobre o parâmetro conhecido como estabilidade aeróbia, que se trata do número de horas para que a temperatura ultrapasse a temperatura do ambiente em 2°C (H2°C). Assim, como levaram menos tempo para atingirem a máxima temperatura, os tratamentos CT e CCs, perderam e estabilidade em menor tempo, 56 e 60 h, respectivamente. O tratamento que se manteve estável aerobiamente por mais tempo foi o tratamento CLs, que chegou até o final do ensaio (240 h) sem, sequer, perder a estabilidade aeróbia.

Houve efeito de tratamento ( $P = 0,0006$ ) em relação ao pH máximo atingido pela forragem em estabilidade aeróbia. Os tratamentos que apresentaram menores valores de pH foram: CT (5,54), LB (4,85), CLs (4,92), CLsLB (5,50) e CLaLB (5,54). Os maiores valores de pH, durante o ensaio de estabilidade aeróbia, foram determinados nos tratamentos CLa (6,56), CCs (6,80) e CCa (6,96).

Foi avaliado o número de dias para que o pH máximo fosse atingido e esse parâmetro também sofreu efeito do tratamento ( $P = 0,0042$ ). Esse tempo variou entre 10 (tratamento CT) e 4,8 dias (CLsLB e CLaLB).

Tabela 4.12 – Somatório das diferenças de temperatura entre massa de forragem e a temperatura do ambiente (ADITE-5 e ADITE-10) e as perdas de matéria seca (PMS0-5 e PMS0-10) de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e/ou inoculante bacteriano e submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia

Tratamento	ADITE-5 (°C)	ADITE-10 (°C)	PMS0-5 (%)	PMS0-10 (%)
CT	26,0 <sup>a</sup>	67,8 <sup>a</sup>	10,28	15,69
LB	12,6 <sup>c</sup>	54,5 <sup>ab</sup>	4,50	11,50
CLs	-2,1 <sup>d</sup>	-2,3 <sup>d</sup>	4,39	7,00
CLa	6,8 <sup>cd</sup>	35,2 <sup>bc</sup>	3,58	7,63
CCs	22,4 <sup>ab</sup>	74,1 <sup>a</sup>	7,14	11,67
CCa	14,1 <sup>bc</sup>	62,6 <sup>a</sup>	4,29	10,20
CLsLB	-2,1 <sup>d</sup>	0,6 <sup>d</sup>	11,86	14,00
CLaLB	1,8 <sup>d</sup>	15,1 <sup>cd</sup>	3,16	5,69
<i>EPM</i> <sup>1</sup>	2,92	7,78	2,883	2,987

Médias seguidas de mesmas letras, minúsculas nas colunas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

Outros parâmetros relacionados ao ensaio de estabilidade aeróbia foram as perdas de MS e o somatório da diferença entre a temperatura da massa e do ambiente, até os cinco ou até os dez dias de ensaio de estabilidade aeróbia. Esses parâmetros estão demonstrados na Tabela 4.12.

Houve efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) sobre o somatório da diferença da temperatura da massa e do ambiente até os cinco primeiros dias de estabilidade aeróbia (ADITE-5). Os menores valores de ADITE-5 foram verificados nos tratamentos CLs (-2,1°C), CLsLB (-2,1°C) e CLaLB (1,8°C). Os maiores valores de ADITE-5 foram observados nas silagens de cana-de-açúcar controle (26,0°C) e naquela aditivada com calcário aplicado seco (22,4°C).

Até os dez dias, final do ensaio de estabilidade aeróbia, verificou-se que o somatório da diferença entre as temperaturas da massa e do ambiente foi afetado pelo tratamento ( $P < 0,0001$ ). Os menores valores de ADITE-10 foram verificados no

tratamento CLs exclusivo (-2,3°C) ou associado à inoculação com LB (0,6°C). Os somatórios ADITE-10 foram maiores nos tratamentos CT (67,8°C), LB (54,5°C) e CC aplicado à seco (74,1°C) ou diluído em água (62,6°C).

Não houve diferença entre os tratamentos, quanto às perdas de MS durante a exposição aeróbia entre os cinco primeiros dias, PMS0-5 ( $P = 0,3003$ ), nem mesmo foi detectada diferença entre os dias 0 e 10, PMS0-10 ( $P = 0,2717$ ). As médias entre os tratamentos foram de 6,15% de PMS até o quinto dia de ensaio e de 10,42% nos dez dias em que as silagens foram mantidas em aerobiose.

## 4.4 Discussão

### 4.4.1 Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar

A Tabela 4.5 demonstra os resultados dos teores de matéria seca das silagens de cana-de-açúcar submetidas aos tratamentos estudados. Calculando-se o teor médio dos tratamentos antes (Tabela 4.1) e após a ensilagem, verifica-se que a magnitude de variação não foi expressiva quanto o comumente observado em literatura (36,95% de MS antes da ensilagem e 38,56% após).

Vários estudos avaliando silos experimentais laboratoriais com cana-de-açúcar têm demonstrado haver relativa queda no teor de MS das silagens, comparativamente à cana-de-açúcar que as deram origem, conforme observado por Queiroz (2006) que verificou significativa redução de 30% de MS na cana-de-açúcar *in natura*, para 23,12% de MS nas silagens. Também Siqueira (2005) verificou que o teor médio de MS antes da ensilagem foi 35,3% e passou para 30,% após a abertura. Outros autores ainda verificaram comportamento semelhante como relatado por Kung Junior e Stanley (1982) e Pedroso (2003).

Semelhante ao que ocorreu neste experimento, Schmidt (2006) também verificou manutenção do teor de MS da silagem em relação aos teores encontrados na cana-de-açúcar *in natura*. Segundo o autor, a justificativa para tal fato seria que a magnitude das perdas de umidade se equivaleria às perdas totais de MS, mantendo o valor centesimal dessa fração.

A maioria dos experimentos com cana-de-açúcar apresenta teores médios de MS mais baixos que os observados no presente experimento (KUNG JUNIOR; STANLEY, 1982; PEDROSO, 2003; QUEIROZ, 2006; SANTOS, 2007; SCHMIDT, 2006; SIQUEIRA, 2005).

O teor médio de matéria mineral (MM) passou de 3,45% da MS nos tratamentos da cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 4.1) para 7,47% na MS das silagens (Tabela 4.5). Isso demonstra o aumento relativo dessa fração associada à depleção do teor de carboidratos solúveis que em média passou de 25,78% de CHO's na cana-de-açúcar fresca (Tabela 4.3) para 6,98% nas silagens (Tabela 4.7). A concentração da MM foi mais evidente nos tratamentos em que os aditivos químicos foram utilizados. Essa concentração foi pelo menos 112% superior nos tratamentos contendo aditivo químico alcalinizante. Isso se deve ao fato dos aditivos serem compostos por minerais tais como o cálcio, nas formas de óxido ou carbonato (Tabela 4.4).

O aumento da fração mineral em forragens aditivadas com químicos foi relatado por diversos autores. Alcántara et al. (1989) verificaram que a cana-de-açúcar tratada com 3,0% de NaOH apresentou 7,03% de MM na MS, enquanto que as silagens controle apresentaram 4,60% de MM na MS.

As silagens testadas apresentaram teor médio de MM similar (7,47% MS) ao observado por Schmidt (2006) que determinou média de 7,2% da MS, apesar do autor ter verificado redução da fração mineral em relação à cana-de-açúcar *in natura*. Em cana-de-açúcar ensilada com calcário e cal virgem, Santos (2007) encontrou teores de MM semelhantes aos observados neste experimento (> 6,00% de MM na MS). Quando testados aditivos microbianos, a concentração da fração mineral, por conta da redução da fração CHO's, tem sido pequena, o que leva a teor médio não superior a 4,0% (JUNQUEIRA, 2006; QUEIROZ, 2006; SCHMIDT, 2006).

Também na Tabela 4.5 podem ser observados os teores de PB das silagens experimentais de cana-de-açúcar, apresentando-se ligeiramente inferiores aos observados na cana-de-açúcar fresca. Esse comportamento não é comum, na maioria dos estudos relatados na literatura ocorre, assim, como na fração mineral e nos outros nutrientes, concentração desses quando há redução da fração de CHO's. No presente experimento pode ter havido uma queda no teor de PB das silagens por conta de

fermentação butírica e alta proteólise. Apesar de serem incomuns nesse tipo de silagem, os valores de ácido butírico (Tabela 4.8) foram elevados, sobretudo, nos tratamentos contendo cal virgem.

Avaliando a microflora epifítica e dinâmica fermentativa e as perdas em silagens de cana-de-açúcar ao longo dos dias em fermentação, Pedroso et al. (2005) determinou nas silagens de cana-de-açúcar sem aditivos valores próximos (2,30% de PB na MS) aos verificados neste estudo (2,93% de PB na MS). Schmidt (2006) encontrou em cana-de-açúcar ensilada em silos experimentais sem adição de uréia, 3,26% de PB na MS na média das duas variedades estudadas.

A fração FDN sofreu apenas ligeiro incremento (8,86%) relativo, sendo este associado às perdas de CHO's da cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 4.2), em relação às silagens (Tabela 4.6), promovendo aumento numérico de, aproximadamente, 5 unidades percentuais no FDN. Segundo Rotz e Muck (1994), silagens bem manejadas apresentam aumentos nos teores de FDN e FDA variando entre 1 e 6 unidades percentuais, em relação aos teores originais encontrados na forragem.

Essa elevação é comumente observada, todavia, a magnitude é variável. Siqueira (2005) e Queiroz (2006) verificaram, respectivamente, que houve elevação média de 15,1 e 17,32 pontos percentuais no teor do FDN de silagens de cana-de-açúcar confeccionadas em silos experimentais.

Junqueira (2006), em seu experimento testando aditivos na silagem de cana-de-açúcar confeccionada em silos do tipo poço, verificou aumentos relativos semelhantes ao do presente experimento, observou aumentos de 10,8% de FDN, em média, da cana-de-açúcar ensilada, que correspondeu a 5,42 pontos percentuais de diferença.

Na maioria dos tratamentos avaliados (exceção ao tratamento CLs), a utilização de fontes de óxido ou carbonato de cálcio foi efetiva em reduzir a concentração das frações FDN e HEM da forragem, comparativamente à silagem de cana-de-açúcar exclusiva. Segundo Klopfenstein (1978), a ação dos agentes químicos alcalinizantes dá-se por meio da solubilização parcial da hemicelulose e discreta ação na fração celulósica. Esse fato explica a diminuição dos teores de FDN e HEM, sem alteração da fração FDA das silagens tratadas com agentes químicos, em relação à silagem controle.

Os tratamentos contendo cal virgem apresentaram as maiores perdas de MS (Tabela 4.9). Dessa maneira, a diminuição efetiva dos componentes fibrosos pode ter ocorrido. Contudo, as maiores perdas de MS podem ter sido responsáveis pelo mecanismo compensatório, resultando em elevação percentual da variável FDN.

Segundo trabalhos conduzidos com esse tipo de aditivo, a ação é mais significativa quando o material apresenta maiores teores de componentes fibrosos. Em silagens de baixa composição em fibra, a ação, muitas vezes, não é evidenciada. Vieira et al. (2004), ao tratarem silagens de sorgo com calcário, verificaram que as mesmas apresentaram composição da fração fibrosa semelhante àquela observada na silagem controle. Talvez, isso explique a menor ação dos aditivos químicos nestas silagens que quando avaliada em outros experimentos.

O teor médio de FDN encontrado neste estudo (59,53% de FDN na MS) foi mais baixos que os verificados na literatura. Queiroz (2006) encontrou teor médio de 65,25% de FDN na MS em silagens de cana-de-açúcar aditivadas com agentes químicos e inoculantes microbianos quando utilizados silos experimentais semelhantes ao aqui avaliados.

Em outro experimento, Siqueira (2005), ao avaliar a associação de aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar, observou valores de FDN variando entre 66,9% (tratamento *L. buchneri*) e 75,3% de FDN na MS (tratamento controle), com média geral de 71,8% de FDN.

Da mesma forma como ocorrido com o FDN, o FDA também sofreu pequena elevação em seu teor quando a cana-de-açúcar foi ensilada. O teor médio de FDA na cana-de-açúcar *in natura* foi de 33,75% na MS e se elevou para 39,27%, com base na MS nas silagens.

O teor médio de FDA determinado neste estudo foi semelhante ao verificado por Schmidt (2006) quando estudou a adição de uréia em duas variedades de cana-de-açúcar, uma industrial e a outra destinada à alimentação animal. O autor encontrou teor médio de FDA de 39,7% na MS. Apesar da semelhança observada para a variável FDA, o teor de FDN determinado por Schmidt (2006) foi mais elevado (67,9% da MS) que o aqui observado.



Pedroso et al. (2005) verificaram que a cana-de-açúcar sem aditivo, ao longo do tempo de fermentação, apresentou teor de FDA de 32,4% no dia da ensilagem e este se elevou até o teor de 45,8%, aos 180 dias de fermentação.

Quanto aos aditivos químicos diluídos em solução aquosa, tanto associados, quanto exclusivos reduziram o teor de FDA das suas respectivas silagens confeccionadas sem a adição de água. Porém, quando comparados aos resultados verificados por Santos (2007), a redução no teor de FDA foi pouco expressiva. O autor observou que os tratamentos contendo cal virgem ou calcário, nas doses de 1,0 ou 1,5%, reduziram os teores de FDA para valores próximos a 35% MS, enquanto na silagem controle era de 43,78% MS.

Avaliando a silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos associados, Siqueira (2005) determinou teor médio de FDA de 45,4% da MS, superior ao verificado no presente experimento.

Diferentemente do ocorrido com os teores de FDN e FDA, a HEM não apresentou elevação no seu teor com a fermentação. No momento da ensilagem o teor médio era de 20,96% da MS e manteve-se próximo deste valor após os 60 dias de fermentação (20,26%). Isso, porém, não quer dizer que não tenha havido perdas desta fração. O que pode ter ocorrido é que as perdas de HEM aconteceram na mesma magnitude das perdas totais, mantendo o valor centesimal.

A variação dos componentes fibrosos e da diferença entre os valores observados para a forragem fresca e ensilada, comparativamente aos demais relatados em literatura, demonstra a grande variabilidade de genótipos da cana-de-açúcar, a influência das condições de estocagem e/ou da aplicação de aditivos.

Os valores de coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (DVIVMS) podem ser observados na Tabela 4.6 e na Figura 4.1. Na maioria dos tratamentos houve queda no coeficiente de DVIVMS nas silagens de cana-de-açúcar, se comparados às suas forragens (Tabela 4.2). A exceção a esse comportamento foi o tratamento CLa que, praticamente, manteve-se com o mesmo valor de DVIVMS (56,90% antes vs. 57,01% após a ensilagem).

A silagem do tratamento controle apresentou maiores teores de componentes fibrosos (FDN e FDA), o que explica o menor coeficiente de DVIVMS deste tratamento.

De forma geral, todos os tratamentos aplicados à forragem, tenha sido ele químico, microbiano ou a associação, foi responsável por melhorar a DVIVMS em relação à silagem controle.

Schmidt (2006) avaliou a cana-de-açúcar ensilada em silos do tipo poço e tratadas com aditivos microbianos (*L. plantarum* e *L. buchneri*) ou químicos (uréia e benzoato de sódio). O autor observou coeficientes médios de DVIVMS mais baixos que os verificados no presente estudo, com valores de 45,6; 45,4; 41,4 e 41,4% para os tratamentos uréia, benzoato de sódio, LP e LB, respectivamente. Os menores valores nos coeficientes podem ser decorrentes dos maiores teores da fração fibrosa determinadas pelo autor.

Muñoz-Maldonado (2007) estudou a aditivação de silagens de cana-de-açúcar com bactérias lácticas exclusivas ou associadas à doses de benzoato de sódio. Verificou coeficiente médio de 51,6% na DVIVMS. A silagem apresentou-se com coeficiente de DVIVMS variando entre 50,87% (LP e benzoato 0,05% da MV) e 52,48% (combinação de *L. plantarum*, *Streptococcus faecium* e *Pediococcus acidilactici*).

Junqueira (2006) avaliou a inoculação de LB ou três doses de uréia (1,0; 1,5 e 2,0% da MV) na ensilagem da cana-de-açúcar. A autora observou aumento crescente no coeficiente de DVIVMS com as doses de uréia: 60,3; 61,4 e 62,4%. O tratamento contendo *L. buchneri* apresentou coeficiente de DVIVMS mais baixo (59,4%). O valor médio de DVIVMS observados foi mais elevado que o aqui verificado, provavelmente, em virtude dos menores teores de componentes fibrosos.

Santos (2007) encontrou em silagens de cana-de-açúcar adicionadas de cal virgem micropulverizada, nas doses de 1,0 e 1,5%, com 70,45 e 74,21% de DVIVMS, respectivamente. Esses tratamentos proporcionaram silagens com menores teores de carboidratos estruturais.

No presente estudo, os tratamentos CT e LB apresentaram os menores coeficientes de DVIVMS, próximos de 50%. Da mesma forma, Santos (2007) e Siqueira (2005) encontraram, para as silagens de mesmos tratamentos, coeficientes de DVIVMS próximos aos aqui determinados.

Em relação ao tratamento contendo cal virgem, a ação desse aditivo, se incorporado à massa de forragem na forma de solução aquosa, aparenta ser mais

efetiva que a incorporação à seco, no tocante à DVIVMS. Isso pode ser evidenciado pelos maiores coeficientes observados nos tratamentos CLa, exclusivo ou associado ao LB (57,01 e 56,63%), comparativamente aos determinados nos tratamentos CLs, exclusivo ou associado (53,10 e 55,86%). A adição de água pode aumentar a eficiência da ação hidrolítica na fibra vegetal, fato confirmado pelos menores teores de FDN e FDA destes tratamentos.

A fração de carboidratos solúveis em água (CHO's) das silagens (Tabela 4.7) demonstrou grande redução em relação à cana-de-açúcar fresca (Tabela 4.3). Sabe-se que parte dos CHO's solúveis são convertidos em ácidos graxos voláteis, mediante fermentação microbiana (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Dessa maneira, conforme discutido, o consumo de CHO's pelos microrganismos resulta, normalmente, em aumento relativo das porções restantes, tais como: MM, PB e frações fibrosas.

Os aditivos químicos exclusivos, exceção para tratamento CLs, ou associados ao inoculante *L. buchneri*, foram responsáveis por preservar maiores teores finais de CHO's solúveis. Por outro lado, os tratamentos CT e LB, foram aqueles que os teores de CHO's observados foram mais baixos. Esses tratamentos também foram responsáveis pelas maiores perdas de CHO's durante o processo fermentativo. No tratamento CT, o teor inicial de 27,97% passou a 4,61% de CHO's após a ensilagem, resultando em perda de 83,52%. O tratamento LB que inicialmente apresentava 19,65% de CHO's na MS, passou a apresentar 4,97%, e conseqüente perda de 74,71%. Todos os demais tratamentos apresentaram perdas inferiores a 74% dos CHO's iniciais.

Muñoz-Maldonado (2007) testou aditivos microbianos exclusivos ou em associação ao benzoato de sódio e verificou que os teores de CHO's decresceram para cerca de 37% do teor original na cana-de-açúcar, passando de 25,80 para 9,64% em média.

A maior preservação de CHO's nas silagens de cana-de-açúcar aditivadas com agentes químicos pode ter acontecido em virtude de seleção de microrganismos devido ao aumento na pressão osmótica promovida por esses aditivos e/ou por determinar alteração da dinâmica fermentativa ao variar o pH do meio. Esses são os modos de ação desses agentes químicos, segundo Santos (2007). Dessa forma, os aditivos

químicos foram responsáveis por selecionar microrganismos menos eficientes em utilizar os CHO's e mais eficientes em produzir ácido láctico.

Segundo Alli et al. (1983) o aumento da recuperação de CHO's e a redução nos teores de etanol (Tabela 4.7) em silagens de cana-de-açúcar são fortes indicadores da ação inibidora dos aditivos sobre a população de fungos e leveduras.

Schmidt (2006) relatou perdas menores, que os aqui verificados, de CHO's quando a cana-de-açúcar foi ensilada. Para a silagem tratada com benzoato de sódio a perda foi de apenas 21% e os demais tratamentos (controle, uréia, LP e LB) apresentaram queda de 62% dos CHO's inicialmente determinados. Todavia, o teor médio de CHO's da cana-de-açúcar fresca relatado pelo autor foi mais baixo que o aqui observado (10,5% da MS).

Queiroz (2006), ao estudar a associação de aditivos químicos e microbianos na ensilagem de cana-de-açúcar, verificou que o teor médio inicial de CHO's de 22,71%, passou para 4,20% na MS, com variação entre 1,79% de CHO's no tratamento controle e 5,93% no tratamento que continha associação de 1,2-propanodiol e *L. diolivorans*.

Santos (2007) também avaliou a cana-de-açúcar ensilada em silos experimentais verificou que o teor médio foi de 21,89% de CHO's na MS da cana-de-açúcar fresca e passou a teor variável entre 2,98% de CHO's na silagem controle e 9,28% na silagem aditivada com 1% de calcário na MV.

Junqueira (2006) encontrou teor médio de CHO's residual menor para a silagem controle (4,12% de CHO's na MS), sendo que a silagem inoculada com LB preservou mais CHO's (6,20% de CHO's na MS). A cana-de-açúcar original apresentava teor médio de 20,55% de CHO's.

Os estudos de Junqueira (2006), Queiroz (2006) e Santos (2007) apresentaram valor de CHO's próximos aos determinados neste estudo, tanto com relação aos valores iniciais, quanto aos teores encontrados como residuais nas silagens.

Também Amaral (2007) encontrou teores de CHO's próximos dos aqui verificados. Ainda que tenha utilizado cana-de-açúcar com menor teor deste nutriente, média de 14% de CHO's, os teores na abertura dos silos foram de 2,9% para a silagem de cana-de-açúcar exclusiva; 4,4% para a silagem de cana-de-açúcar aditivada com 1%

de cal virgem e 6,0% de CHO's na MS de silagens de cana-de-açúcar adicionadas de 1% de calcário.

Os teores de ácido láctico das silagens estão apresentados na Tabela 4.7 e evidencia-se que os tratamentos controle e LB apresentaram os menores valores, 0,89 e 1,03% de ácido láctico na MS, respectivamente.

Os demais teores de ácido láctico aqui verificados apresentaram-se próximos dos valores mais baixos determinados nas silagens de cana-de-açúcar analisadas por Schmidt (2006). O autor encontrou teores acima de 4% nas silagens confeccionadas com cana-de-açúcar colhida aos 12 meses de crescimento vegetativo. Esse valor chegou a 1,29% nas silagens de plantas colhidas com 15 meses de idade.

Em estudo conduzido em 1982, Alli e Baker verificaram que os teores de ácido láctico em silagens de cana-de-açúcar sem aditivos não foram superiores a 1,71% da MS. Alli et al. (1983) verificaram que a adição de amônia em solução aquosa (4,5 kg  $\text{NH}_3$ /t forragem) foi eficiente em aumentar o teor de ácido láctico na silagem, passando de 1,60% na silagem controle e chegando a 3,09% na silagem aditivada.

Santos (2007), ao avaliar aditivos químicos, verificou que o teor de ácido láctico encontrado nas silagens de cana-de-açúcar foi superior aos determinados no presente estudo. A silagem aditivada com cal virgem, em solução aquosa, na dose de 1% da MV, apresentou no experimento de Santos (2007) 3,66% de ácido láctico na MS, enquanto que neste estudo foi verificado teor de 2,20%. Para a silagem adicionada de calcário, foi verificado 1,93% de ácido láctico na MS no presente estudo e 3,50% na avaliação de Santos (2007), nas mesmas doses e métodos de aplicação. De acordo com o autor, o tamponamento provocado pelos aditivos alcalinizantes serviu de estímulo para a maior produção de ácido láctico.

Normalmente observa-se teores de ácido láctico mais elevados que os observados neste estudo. Alvarez; Priego e Preston (1977) encontraram valor médio de 4,41% de ácido láctico nas silagens de cana-de-açúcar sem aditivos e 6,29% nas silagens aditivadas com 2% da mistura amônia-melaço (2:1). Kung Junior e Stanley (1982) analisaram silagens de cana-de-açúcar confeccionadas com plantas colhidas em diferentes estádios e o teor de ácido láctico variou de 2,82 a 5,65% da MS. Muñoz-

Maldonado (2007) observou teor médio de 5,17% de ácido láctico em silagens de cana-de-açúcar.

Queiroz (2006) relatou teor médio de 2,21% de ácido láctico para silagens de cana-de-açúcar confeccionadas em silos experimentais. Dentre os tratamentos estudados, o maior teor foi observado no tratamento contendo *L. diolivorans* (3,72%), aplicado na dose de  $10^5$  ufc/g forragem e o menor no tratamento aditivado com 1,2-propanodiol (1,08% de ácido láctico).

Os tratamentos contendo aditivos químicos alcalinizantes foram responsáveis por determinarem fermentação láctica na forragem ensilada. Ainda que tenham apresentado menores perdas de CHO's em relação à cana-de-açúcar fresca, esses agentes químicos foram mais eficientes em produzir ácido láctico no meio, mesmo que os teores de ácido láctico observados no presente experimento tenham sido mais baixos que normalmente encontrados na literatura científica. Esse teor de ácido láctico mais baixo pode ser decorrente da menor população de bactérias lácticas, da menor atividade dessas bactérias neste ensaio ou da metabolização de grande parte do ácido láctico produzido.

O teor de etanol mostrou-se abaixo dos valores observados na literatura, sobretudo de for levada em conta a espécie vegetal avaliada. Todavia, os aditivos, sejam eles químicos, microbianos ou associação de ambos, foram responsáveis pelo controle da produção deste álcool nas silagens. A silagem de cana-de-açúcar do tratamento controle apresentou 1,16% de etanol na MS. Nos demais tratamentos, o teor observado foi inferior a 0,58% da MS.

Pedroso (2003) e Schmidt (2006) também encontraram valores médios de etanol relativamente baixos para silagens de cana-de-açúcar, 0,48 e 0,30% da MS, respectivamente. Entretanto, os autores justificaram esses baixos teores, não em virtude da síntese de etanol, mas provavelmente pela baixa recuperação deste composto em silagens confeccionadas nos silos de grande escala utilizados (do tipo poço), onde a volatilização do etanol é facilitada. Esse fato também foi observado no capítulo terceiro desta tese, em que os teores de etanol verificados, quando utilizados silos do tipo trincheira, variaram entre 0,77% na silagem controle e 0,50% na silagem inoculada com LB.

Apesar disso, não foi o que ocorreu no presente experimento, uma vez que as unidades experimentais neste caso foram silos laboratoriais com 20 litros de capacidade. Pode ter havido população insuficiente de levedura epifíticas nestas plantas, porém, não foi realizado o plaqueamento, contagem e identificação destes microrganismos neste estudo. Outra justificativa para a baixa população de leveduras seria decorrente da baixa perda por gases verificada (Tabela 4.9). Alguns autores (McDONALD; HENDERSON; HERON,1991; McGECHAN, 1990) destacam a alta produção de CO<sub>2</sub> por leveduras ao fermentarem os CHO's a etanol.

Pedroso (2003), ao iniciar os estudos com aditivos utilizados na ensilagem da cana-de-açúcar, testou, em silos laboratoriais, aditivos e doses e verificou que os melhores tratamentos avaliados foram o benzoato de sódio na dose de 0,1%, sorbato de potássio na dose de 0,03% e *L. buchneri* na dose de  $3,64 \times 10^5$  ufc/g MV, os quais apresentaram, respectivamente, 2,52; 1,79 e 1,95% de etanol na MS.

Ao conduzir estudo em silos experimentais semelhantes ao do presente estudo, Santos (2007) verificou que os aditivos químicos foram eficientes em diminuir a produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar. A silagem controle apresentou 4,78% de etanol na MS, a inoculada com LB apresentou 5,97% e as aditivadas com cal virgem e calcário na dose de 1% da MV apresentaram 0,38 e 1,38% de etanol na MS, respectivamente.

Andrade; Ferrari Júnior e Braun (2001) analisaram silagens de cana-de-açúcar adicionadas de 0,5% de uréia e determinaram teor de etanol de quase 13% da MS. Queiroz (2006) também encontrou teor de etanol elevado em silagens confeccionadas em silos experimentais. A média geral observada pelo autor foi de 6,33%, sendo que o teor variou entre 2,1% (tratamento 1,2-propanodiol + *L. diolivorans*) a 8,1% na MS (tratamento *L. diolivorans* exclusivo).

Muñoz-Maldonado (2007) não verificou diferença entre os tratamentos aplicados às forragens em relação ao teor de etanol das silagens, com teor médio de 4,30% da MS. Junqueira (2006) verificou teores de etanol, em silagens de cana-de-açúcar confeccionadas em silos poço, que variaram de 0,5 a 1,2% de etanol na MS, valores reduzidos que podem ser justificados pelo tipo de silo utilizado. Esse autor, ao avaliar

os mesmos tratamentos em silos experimentais, verificou que o teor de etanol chegou a 5,7% na silagem controle.

Freitas et al. (2006) verificaram teores bastante elevados de etanol em silagens de cana-de-açúcar 17,8 e 19,3% da MS, nas silagens controle e inoculada com LB, respectivamente.

Amaral (2007) avaliou três dos oito tratamentos estudados no presente estudo, sendo eles: controle, 1% de cal virgem e 1% de calcário, ambos aplicados sem diluição em água. O teor médio de etanol foi de 4,2% da MS na silagem sem aditivo e de 1,2% da MS nas silagens aditivadas com os agentes químicos alcalinizantes.

Os valores de pH encontrados nas silagens também podem ser observados na Tabela 4.7. Apesar de alguns tratamentos apresentarem valor alto de pH, de acordo com Schmidt (2006) e com outros relatos da literatura, o pH não é um ponto crítico em silagens de cana-de-açúcar por conta de intensa e rápida fermentação.

Verificou-se que os aditivos químicos elevaram o pH final das silagens de cana-de-açúcar. Isso deveu-se ao fato destes agentes apresentarem elevada capacidade tamponante, fato que pode ser observado na Tabela 4.3. De acordo com Santos (2007), a dissociação dos átomos presentes nos aditivos químicos, como a cal virgem (CaO) e o calcário (CaCO<sub>3</sub>), geram cargas aniônicas capazes de neutralizar os íons hidrogênio oriundos dos ácidos orgânicos produzidos na fermentação.

Na Tabela 4.3 observa-se que os aditivos químicos elevaram a capacidade tamponante em mais de quatro vezes determinando, desta forma, dificuldade de abaixamento do pH do meio. A exceção a este comportamento foi o tratamento CCs que demonstrou capacidade tamponante de 4,63 e.mg de HCl/100 g MS, próxima aos valores encontrados nas silagens controle ou com *L. buchneri*, levando, dessa forma, a valores de pH mais baixos. Além disso, o tratamento CCs apresentou maior teor de ácido láctico, o ácido mais forte dentre os orgânicos produzidos na ensilagem. Assim, aliado à baixa capacidade tamponante e ao alto teor de ácido láctico, foi possível que o pH determinado nas silagens do tratamento CCs estivesse próximo daquelas em que agentes alcalinizantes não foram utilizados.

Freqüentemente os valores de pH de silagens inoculadas com *Lactobacillus buchneri* são mais elevados que os observados na silagem controle, uma vez que, esse



microrganismo tem a capacidade de converter parte do ácido láctico (mais forte) em ácido acético (mais fraco), levando a aumento no pH (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOELSTRA, 1999). Neste estudo, com teores de ácido láctico semelhantes entre os tratamentos controle (0,89%) e LB (1,03%), os valores de pH também o foram (3,62 e 3,42, respectivamente).

O teor de ácido acético não diferiu entre os tratamentos, apresentando média de 2,11% da MS. Castro Neto (2003) avaliou a cana-de-açúcar ensilada com três tratamentos: controle, 0,5% de uréia na MV e *L. plantarum* e verificou que o teor de ácido acético foi de 1,9; 2,3 e 1,6% da MS, respectivamente. Assim como o valor verificado por Schmidt (2006) com média de 2,31% em silagens confeccionadas em silos poço, sem diferença entre os tratamentos, os resultados verificados por Castro Neto (2003) estão próximos dos encontrados neste estudo.

Amaral (2007) também encontrou baixo teor de ácido acético em silagens de cana-de-açúcar submetidas a tratamentos químicos. O teor relatado pelo autor foi de 1,3% na silagem controle, 1,6% na silagem aditivada com cal virgem (1%) e 1,5% da MS na silagem aditivada de carbonato de cálcio, também aplicado na dose de 1% da MV.

O teor de ácido propiônico (Tabela 4.8) apresentou-se diferentes entre os tratamentos, porém como os valores são marginais, apresentam pequena importância biológica.

O teor de ácido butírico das silagens diferiu entre os tratamentos, como pode ser observado na Tabela 4.8. As silagens tratadas com óxido de cálcio, tanto exclusivamente, como associadas ao *L. buchneri* apresentaram maior teor desse ácido graxo. Esse fato também foi observado por Amaral (2007) que encontrou teor médio de 3,1% de ácido butírico em silagens aditivadas com 1% de cal virgem, enquanto os tratamentos controle e calcário na dose de 1% apresentaram 0,2 e 0,4% de ácido butírico na MS, respectivamente.

O ácido butírico normalmente aparece em teor baixo em silagens de cana-de-açúcar. Schmidt (2006) encontrou em silagens de cana-de-açúcar confeccionadas em silos do tipo poço apenas traços de ácido butírico, variando entre 0,04 e 0,06% da MS das silagens.

Esse tipo de ácido orgânico é característico da fermentação secundária desencadeada, principalmente, por clostrídios (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). O que pode ter havido é que a alta capacidade tamponante, comparada à silagem controle (18,64 vs. 3,15 e.mg de HCl/100 g MS), observada para esses tratamentos tenha permitido a ação desses microrganismos.

Ainda, de acordo com Pahlow et al. (2003), os clostrídios podem, além de converterem diretamente os açúcares em ácido butírico, metabolizar o ácido láctico e acético nessa conversão. Dessa forma, pode-se explicar o baixo teor de ácido láctico das silagens tratadas com aditivos químicos, nas quais se esperava maior teor, pois de acordo com Santos (2007) o tamponamento serve como estímulo para a produção de mais ácido láctico, o que não foi evidenciado neste experimento.

A relação lactato/acetato das silagens de cana-de-açúcar também está demonstrada na Tabela 4.8. Verificou-se que o perfil fermentativo das silagens experimentais foi acético ao invés de láctico, exceção feita para os tratamentos CLa e CCs. Essa relação, mesmo em silagens de cana-de-açúcar, é bem variada. Schmidt (2007) encontrou valores médios de 0,43 em silagens de cana-de-açúcar coletadas de silos do tipo poço.

A relação lactato/acetato média observada para as silagens de cana-de-açúcar estudadas por Muñoz-Maldonado (2007) foi de 0,88, devido a teores altos, tanto de ácido láctico (5,17% da MS), quanto de ácido acético (5,87% da MS). Ainda que os aditivos utilizados pelo autor não tenham como característica a elevada produção de acetato, esse nível pode ser considerado extremo.

Kung Junior e Stanley (1982) determinaram relação lactato/acetato de 2,85 para silagens de cana-de-açúcar. No estudo de Alli et al. (1983), essa relação foi de 0,69; para Alvarez; Priego e Preston (1977) ela foi de 3,58 e, finalmente, no trabalho publicado por Alli e Baker (1982) ela apresentou-se próxima do limite superior do presente estudo, 1,80. O aspecto importante ao se analisar essas relações é que as menores delas, teoricamente, seriam responsáveis por conduzirem silagens mais estáveis à exposição aeróbia.

#### 4.4.2 Perdas fermentativas das silagens de cana-de-açúcar

A Tabela 4.9 demonstra os resultados da perda total de matéria seca, perda por gases e por efluentes das silagens de cana-de-açúcar submetidas aos tratamentos estudados. Grande parte da perda total é decorrente da produção de gases durante o processo fermentativo. Neste estudo o percentual da participação dos gases na perda total variou de 79,23% na silagem do tratamento CLa até 99,17% na silagem do tratamento CLsLB. Enquanto, na média dos tratamentos, a produção de gases respondeu por cerca de 90% das perdas totais de MS neste experimento, Schmidt (2006) relatou que essas perdas corresponderam a 75% das perdas totais de MS.

Durante o processo de ensilagem os microrganismos utilizam especialmente carboidratos solúveis em água e parte das proteínas. Esses carboidratos são convertidos em ácidos orgânicos, etanol, água, ATP e CO<sub>2</sub>. A produção destes compostos, portanto, dependerá dos nutrientes fermentados e dos microrganismos responsáveis, ditando, dessa maneira, o perfil fermentativo alcançado ou induzido por essa população de microrganismos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

As maiores perdas totais foram observadas nas silagens dos tratamentos contendo cal virgem, *L. buchneri* e a associação de ambos. Segundo Woolford (1990), durante a ensilagem, bactérias heteroláticas promovem menores recuperações de MS, ou seja, maiores perdas, que as bactérias produtoras exclusivas de ácido láctico. Dessa forma, justificaria as maiores perdas no tratamento LB (11,30%), se comparadas às observadas no tratamento CT (6,69%).

As perdas mais elevadas associadas aos tratamentos contendo cal virgem poderiam ser devidas ao tipo de fermentação ocorrida durante o processo, tipicamente butírica, tendo em vista o elevado teor desse ácido orgânico, possivelmente decorrente da fermentação por clostrídios. Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991) e McGechan (1990), a perda teórica de MS, utilizando a glicose como substrato, podem chegar a 51,1% na fermentação clostrídica, enquanto aquela decorrente da fermentação homolática da glicose, levando à formação de duas moléculas de ácido láctico, é nula. Portanto, a diferença entre as populações epifíticas selecionadas pelos aditivos pode ser responsável pela variação na perda por gases e, como consequência,

perda total de MS, tendo em vista os tratamentos, muito embora, a população microbiana não tenha sido avaliada neste ensaio.

A comparação dos tratamentos químicos, contendo cal virgem (CaO) e calcário (CaCO<sub>3</sub>), demonstra que a perda por gases foi menor nos tratamentos contendo carbonato de cálcio. Esse fato, aliado ao menor teor de ácido butírico verificado nestas silagens, sugere que a cana-de-açúcar tratada com calcário apresentou menor capacidade de fermentação por clostrídios, uma vez que esses microrganismos são responsáveis por aumentar as perdas de MS.

Apesar das características que evidenciam a fermentação butírica neste ensaio, especialmente nos tratamentos químicos contendo cal virgem, de forma geral, a perda total de MS observada ficou abaixo daquelas relatadas na literatura consultada. Um dos estudos em que a perda se aproximou das aqui verificadas foi conduzido por Pedroso (2003). O autor determinou perda total média de 11,4%, sendo que a perda gasosa média correspondeu por cerca de 88% da perda total. Entretanto, os aditivos testados pelo autor levaram a grandes variações, com perda total variando desde 7,59% (1% de uréia na MV) até 21,5% (*L. plantarum* na dose de 10<sup>6</sup> ufc/g MV)

Também Amaral (2007) encontrou perda gasosa para as silagens com adição de cal virgem e calcário próximas às deste experimento, 13,2 e 7,9%, respectivamente. A diferença ficou por conta do tratamento controle. No ensaio do autor, a silagem controle apresentou perda gasosa mais elevada (21,4% da MS).

Outros ensaios apresentaram valores de perda mais elevados. Schmidt (2006) verificou que a perda total de MS e por gases, para silagens de cana-de-açúcar sem aditivos, foi de 24,7 e 20,5%, respectivamente. Ao adicionar 0,5% de uréia na MV, a perda total de MS diminuiu para 21,3% da MS e a oriunda da produção de gases para 17,1% da MS.

Muñoz-Maldonado (2007) verificou perda gasosa média de 15% da MS, o que correspondeu a, aproximadamente, 78% das perdas totais de MS (19,1%).

Queiroz (2006) verificou que a perda total de MS em silagens experimentais de cana-de-açúcar variou de 20,42%, no tratamento com *L. diolivorans* associado ao 1,2-propanodiol, a 35,15%, no tratamento em que foi inoculado o *L. diolivorans* na dose de

$10^6$  ufc/g de forragem. A representatividade da perda gasosa no cômputo geral da perda total de MS também foi grande, com média de 92%.

Santos (2007) ao estudar silagens de cana-de-açúcar verificou perda total de MS, perda por gases e produção de efluente maiores que o do presente estudo. A menor perda total verificada pelo autor (15,90% MS) foi próxima da maior aqui avaliada (16,38% MS). Entretanto, a perda gasosa também correspondeu a 90% da perda total de MS.

A perda total de MS também foi mais elevada no estudo conduzido por Siqueira et al. (2007). Os autores testaram aditivos químicos e microbianos associados na ensilagem da cana-de-açúcar e verificaram que, na média geral, houve perda de 22,1% da MS. A silagem controle perdeu 32,5% da MS e na silagem inoculada com *L. buchneri* a perda foi de 19,2% da MS inicial ensilada.

A perda por gases em silagens de cana-de-açúcar relatada em dois estudos da década de 80 (ALLI; BAKER, 1982; ALLI et al., 1983) foi bastante baixas ambas com aproximadamente 5% da MS total ensilada.

Como relatado e com base nos dados de literatura, pôde-se verificar que as perdas de MS apresentam resultados divergentes entre os estudos e grande parte delas é devida às perdas gasosas. Essa perda terá maior ou menor importância dependendo da forragem utilizada, do teor de MS, do teor de CHO's e da presença de aditivos utilizados.

Por se tratarem de compostos nos quais o teor de MS é baixo, próximos de 3% como encontrados por Loures et al. (2003) para silagens de capim-elefante, o efluente é responsável por mínima porção da perda de MS.

A produção de efluente, calculada em função da massa de uma tonelada de silagem, está demonstrada na Tabela 4.9. Não foi verificada capacidade de se correlacionar os teores de MS das forragens com a produção de efluente das silagens. Entretanto, o teor de MS observado, tanto para a forragem (Tabela 4.1), quanto para as silagens (Tabela 4,6), estão entre os mais elevados relatados na literatura.

Verificou-se que houve aumento na produção de efluente nos tratamentos que receberam a aplicação dos aditivos na forma de solução aquosa (CLs x CLa; CCs x CCa e CLsLB x CLaLB). Ao aplicar a cal virgem na dosagem de 1%, misturada à água

deionizada, houve aumento no efluente produzido de 6,43 para 19,80 kg/t MV. O mesmo comportamento foi observado para a adição do calcário (7,38 vs. 12,94 kg/t MV) e para a associação da cal virgem e do inoculante microbiano (1,02 vs. 7,30 kg/t MV).

A solução aquosa foi preparada para que, em uma tonelada de massa verde, fossem aplicados 40 litros de solução aquosa. Dessa maneira, se a água estivesse em excesso, seria esperado 40 kg de efluente para esses tratamentos. Ainda, os tratamentos que não receberam adição de água nessa quantidade como: CT, LB, CLs e CCs apresentaram produção de efluente tão elevada quanto o tratamento CLaLB. Isso pode levar à suposições de que a produção de efluente dos tratamentos em que os aditivos foram aplicados em solução, não sejam, somente, influenciados pela água externa, mas também pela água metabólica oriunda da fermentação. De alguma forma ainda não determinada, o processo de ensilagem sofreu alteração e houve aumento na produção de efluente.

Os valores apresentados para a produção de efluente também podem ser considerados baixos, o que poderia ser justificado pelos maiores teores de MS das forragens (Tabela 4.1). Junqueira (2006), ao testar cana-de-açúcar ensilada com uréia em diferentes doses e o inoculante LB, verificou que as perdas por efluente não diferenciaram-se entre os tratamentos, apresentando-se próximas (7,71 kg de efluente/t MV) às aqui relatadas, ainda que as silagens daquele estudo tenham apresentado teor médio de 32% de MS.

Muñoz-Maldonado<sup>1</sup> (2008, informação verbal) desenvolveu estudo na tentativa de quantificar e qualificar o efluente produzido em silagens de cana-de-açúcar aditivadas com agentes químicos e microbianos. Para isso, o autor confeccionou silagens de cana-de-açúcar em baldes com capacidade para acomodar aproximadamente 36 kg de forragem. As silagens apresentaram teor de MS médio de 29% de MS. Sobre as tampas dos baldes foram mantidos blocos de concreto pesando 90 kg para que a pressão fosse exercida sobre a massa de forragem. O autor informou que não foi possível essa avaliação uma vez que não houve produção de efluentes. Pôde-se verificar que a produção de efluente não foi um ponto crítico no processo de ensilagem da cana-de-açúcar. Entretanto, o mesmo autor, em ensaio com baldes

---

<sup>1</sup> Muñoz-Maldonado, J.G. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

menores (20 litros), verificou que a perda por efluente variou entre 41,9 e 49,7 kg/t de forragem.

Santos (2007) determinou produção de efluente para o tratamento com cal virgem, semelhante ao deste experimento, perto de 20% nos tratamentos em que o aditivo foi aplicado na forma diluída, utilizando a mesma proporção de água. Os demais tratamentos avaliados por Santos (2007) apresentaram maiores produções de efluente, o calcário na dose de 1% alcançou produção de 32,82 kg/t forragem e os tratamentos CT e LB apresentaram 31,26 e 41,89 kg de efluente/t MV, respectivamente.

A produção de efluente verificada em cana-de-açúcar de duas variedades por Schmidt (2006) também se apresentou mais elevada que a do presente estudo. A menor produção de efluente foi observada no tratamento contendo a cana-de-açúcar de variedade IAC 86-2480 e não foi inferior a 42,8 kg de efluente/t MV. No estudo conduzido por Queiroz (2006) a média da produção de efluente foi de 35 kg/t MV.

Siqueira (2005) ao avaliar a associação de aditivos químicos e microbianos verificou produção de efluente variando desde 2,2 (*L. buchneri* + NaOH) até 98,4 kg/t MV (ácido propiônico + benzoato de sódio). O melhores resultados relatados pelo autor foram os tratamentos que continham associações com hidróxido de sódio.

Assim como Siqueira (2005), Pedroso (2003) encontrou menor produção de efluente nos tratamentos que continham NaOH, o autor encontrou média de aproximadamente 6 kg de efluente/t MV nesses tratamentos.

A recuperação de MS (RMS) e a recuperação de MS digestível (RMSDig) das silagens estão demonstradas na Tabela 4.10 e Figura 4.1. A recuperação de MS é a medida inversa da perda total de MS e está demonstrada somente com o intuito de ser base para o cálculo da recuperação de MS digestível.

A RMSDig é o produto da recuperação de matéria seca pelo coeficiente de DVIVMS. A recuperação de MS digestível se enquadra dentre os parâmetros mais importantes a serem analisadas na escolha de um determinado tratamento, pois fornece a quantidade de MS digestível da silagem. Verificou-se que a RMSDig foi maior no tratamento CLa, dessa maneira, pôde-se verificar que a mais baixa RMS em relação ao tratamento controle (93,31 vs. 90,90%) foi compensada pela maior digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS (57,01%). Muito embora o tratamento controle tenha

apresentado a maior RMS (93,31%), ou seja, menor perda (6,69%), a baixa DVIVMS o posicionou de maneira a apresentar a pior RMSDig (45,86%), entre todos os tratamentos testados.

#### **4.4.3 Avaliação da estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar**

Tão ou mais importante que a avaliação de aditivos durante a ensilagem e seus efeitos sobre a composição química e padrão fermentativo é a avaliação dos seus efeitos sobre a estabilidade aeróbia após a abertura.

Atenção especial deve ser dada a ensilagem da cana-de-açúcar por conta do alto teor de CHO's residuais nas silagens, bem como o ácido láctico produzido durante a ensilagem (Tabela 4.7). Estes nutrientes são utilizados como substratos para o crescimento de microrganismos aeróbios facultativos que, por sua vez, promovem deterioração no painel do silo, levando à perdas significativas. De acordo com Santos (2007), a atividade microbiana resulta em aumento nos valores de pH, aquecimento da massa de forragem, alterações no valor nutritivo e perdas de matéria seca durante o período após a abertura.

Um dos métodos mais comuns de determinação da estabilidade aeróbia é aquele proposto por Ranjit e Kung Junior (2000), no qual os autores definiram como estabilidade aeróbia o tempo necessário para que a temperatura da massa em avaliação exceda a temperatura ambiente em 2°C. Porém outros parâmetros podem ser relacionados à degradação aeróbia dos substratos das silagens e foram propostas por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001), como: número de horas para a massa atingir a temperatura máxima (HTmax); temperatura máxima atingida pela massa (Tmax); acúmulo térmico de 5 e 10 dias (ADITE-5 e ADITE-10) da diferença média diária entre a temperatura das forragens e a temperatura ambiente; pH máximo alcançado (pHmax); número de dias para se atingir o pH máximo (DpHmax); perda de MS de 0 a 5 (PMS0-5) e 0 a 10 dias (PMS0-10).

Os dados comparativos da temperatura máxima atingida (Tmax) pela massa estão apresentados na Tabela 4.11. Em todos os tratamentos aditivados com cal virgem a Tmax foi menor que naqueles em que esse aditivo não foi usado. A cal virgem



aplicada em pó (CLs) foi responsável por melhor controlar a elevação da temperatura da massa. A adição da cal virgem na forma de solução aquosa levou ao aumento da Tmax, comparativamente ao tratamento similar em que foi aplicado à seco. Parte dessa diferença pode ser devida à queda na atividade de água da amostra. A atividade de água é a porção de água livre que pode ser utilizada para o crescimento de microrganismos e corresponde a parte da umidade da massa de forragem. Embora não tenha sido mensurada, a alteração na atividade de água por conta da adição de água ao aditivo na ensilagem pode ter favorecido algum microrganismo aeróbio que aproveitou esse ambiente para elevar a Tmax. Todavia, essa hipótese é de difícil comprovação experimental na literatura científica.

A temperatura máxima das silagens chegou próxima de 41°C, nos tratamentos CT, LB, CCs e CCa. A temperatura máxima apresentou menores valores nos tratamentos CLs (25,8°C) e CLsLB (27,1°C). De forma semelhante, Queiroz (2006) também encontrou Tmax próximas de 40°C para a maioria dos seus tratamentos testados em silagens de cana-de-açúcar.

Em estudo testando doses de aditivos químicos na ensilagem da cana-de-açúcar, Santos (2007) verificou que a Tmax foi menor para o tratamento contendo CaO na dose de 1,5% da MV. Os demais tratamentos (CT, cal virgem a 1% da MV, calcário a 1 e 1,5% da MV e gesso agrícola a 1% da MV) apresentaram esse parâmetro sempre superior a 40,8°C.

O número de horas para que a temperatura máxima fosse atingida (HTmax) também está apresentado na Tabela 4.11. Pode-se verificar que os tratamentos CT, CCs e CCa foram os que apresentaram menor tempo para que essa temperatura fosse atingida, levando 96, 98 e 145 horas, respectivamente.

Os tratamentos contendo as associações dos aditivos químicos e microbianos (CLsLB e CLaLB) não só apresentaram algumas das menores temperaturas máximas das massas de forragem, como levaram mais tempo para que essas temperaturas fossem atingidas. O tratamento CT foi aquele que menos tempo levou para que a sua Tmax (41°C) fosse atingida (96 horas) e o tratamento CLsLB levou 229 horas para que a massa atingisse a temperatura de 27,1°C (Tmax).

De forma geral, os tratamentos deste estudo permaneceram mais estáveis em aerobiose, se levados em conta esses parâmetros, que os observados por Queiroz (2006). Apesar de apresentarem-se com temperaturas máximas próximas naquele experimento, elas foram atingidas em tempo menor, na média, em menos de 84 horas.

Outro parâmetro avaliado durante a estabilidade aeróbia é o tempo necessário para que a quebra dessa estabilidade acontecesse. Essa variável foi proposta por Ranjit e Kung Junior (2000) e é medida como o tempo para a elevação da massa em 2°C em relação à temperatura do ambiente. Os tratamentos CLs, CLsLB e CLaLB apresentaram-se mais estáveis com relação a esta medida com, respectivamente, 240; 197 e 199 horas, para que a quebra da estabilidade fosse atingida, entre 3 e 4 vezes mais tempo para a quebra da estabilidade que o tratamento controle (56 horas) aquele que atingiu esse tempo mais rapidamente.

Os tratamentos contendo cal virgem, de forma geral, apresentaram-se mais estáveis, exceto o tratamento contendo cal virgem aplicada em solução aquosa (CLa), uma vez que esse tratamento também foi o que se apresentou com maior temperatura máxima frente aos demais tratamentos contendo cal virgem. De alguma forma, o maior teor de ácido láctico (Tabela 4.7), aliado ao incremento da atividade de água por conta da adição da cal virgem na forma aquosa, pode ter levado ao aumento do metabolismo de microrganismos espoliadores dessa forragem, não repetindo o melhor desempenho do seu tratamento aplicado na forma pó (CLs).

O tratamento LB apresentou melhora em estabilidade aeróbia em relação ao controle, esse resultado é bastante fundamentado na literatura científica, tanto com relação às silagens de cana-de-açúcar (PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005; SCHMIDT, 2006), como com relação às silagens de milho (RANJIT; KUNG JUNIOR, 2000; NISHINO et al., 2003; DANNER et al., 2003; KLEINSCHMIT; KUNG JUNIOR, 2006), cevada (KUNG JUNIOR; RANJIT, 2001; TAYLOR et al., 2002) e trigo (WEINBERG et al., 2002). A base para esta melhoria na estabilidade aeróbia é a maior produção de ácido acético e 1,2-propanodiol pelo *L. buchneri* (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK; SPOESLTRA, 1999), todavia, apesar da maior estabilidade encontrada neste experimento, o ácido acético não foi diferente entre esses tratamentos testados.

Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), além do ácido acético ser um dos maiores inibidores do metabolismo de leveduras, também o ácido butírico possui essa ação característica. De acordo com os autores, esses ácidos, quando em pH inferior ao seu pKa, se apresentam na forma não dissociada. Assim, ao entrarem na célula dos microrganismos (leveduras e fungos) por transporte passivo, os ácidos acético e butírico liberam íons  $H^+$ , com rápida redução do pH intracelular. Como consequência, as leveduras e os fungos necessitam expulsar esses cátions, gastando energia e diminuindo seu crescimento na massa, em caso extremos ainda levam a morte dos microrganismos responsáveis pela deterioração aeróbia. Esta é parte da explicação dos tratamentos contendo cal virgem também apresentarem maior estabilidade aeróbia (Tabela 4.11), como pode ser verificado na Tabela 4.8 esses tratamentos apresentaram teores de ácido butírico elevados.

Segundo Amaral (2007), a silagem de cana-de-açúcar aditivada com cal virgem na dose de 1% apresentou-se estável por 163,3 horas e a cana-de-açúcar *in natura* durante 33,7 horas, sendo que os demais tratamentos (silagem de cana-de-açúcar controle e aditivada de 1% de calcário) apresentaram-se estáveis por tempo intermediário e não diferiram desses extremos.

Santos (2007) estudou aditivos químicos aplicados na ensilagem da cana-de-açúcar e verificou que os tratamentos contendo cal virgem também apresentaram as melhores estabilidades dentre os tratamentos. O aditivo na dose maior (1,5% da MV) manteve a silagem durante 10 dias, sem sequer elevar em 2°C a temperatura da massa com relação ao ambiente. Na dose de 1% da MV, a silagem de cana-de-açúcar permaneceu estável durante 131 horas e os tratamentos calcário e gesso agrícola não apresentaram melhoria na estabilidade aeróbia em relação à silagem controle.

Muñoz-Maldonado (2007) avaliou a inoculação de bactérias lácticas exclusivas ou associadas ao benzoato de sódio na ensilagem da cana-de-açúcar e verificou que o tempo para a quebra da estabilidade foi mais baixo que o do presente estudo, não havendo diferença entre os tratamentos aplicados pelo autor, ainda que tenham apresentado grande variação, entre 38 horas (tratamento controle) e 44,5 horas (tratamento contendo BAL + 0,01% de benzoato de sódio).

Queiroz (2006) também não observou diferenças entre os tratamentos aplicados à silagem de cana-de-açúcar no tocante à estabilidade aeróbia. A média geral de quebra da estabilidade foi atingida com 39 horas de exposição aeróbia.

Ao testar a associação de aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar, Siqueira et al. (2007) observou que a silagem controle apresentou-se menos estável (34 horas) que aquelas aditivadas com *Propionibacterium acidipropionici* e *Lactobacillus buchneri*, 50 e 54 horas, respectivamente.

Schmidt (2006) em estudo com silagens de cana-de-açúcar oriundas de silos do tipo *bag*, verificou que as tratadas com LB nas doses de  $5 \times 10^4$  e  $1 \times 10^5$  ufc/g MV apresentaram-se mais estáveis que a silagem controle.

Outra forma de se mensurar a estabilidade das silagens em ambiente aeróbio é por meio da mensuração da variação do pH durante a exposição. Esse é um parâmetro avaliado nos mais recentes artigos científicos e está demonstrado na Tabela 4.11.

As silagens de cana-de-açúcar dos tratamentos CLa, CCs e CCa apresentaram valores máximos de pH (pHmax) maiores que os demais tratamentos, cujos máximos valores de pH foram menores que 5,54. Os três tratamentos em que o pHmax foi mais elevado, apresentaram maiores teores de ácido láctico e alguns dos maiores teores de CHO's residuais (Tabela 4.7), podendo ter propiciado maior aporte de substrato para o crescimento de microrganismos aeróbios. Este comportamento corrobora os resultados encontrados por Santos (2007) e Amaral (2007). Este último autor justifica a ação outros microrganismos como os *Bacillus* sp. e diversas espécies de enterobactérias durante a exposição aeróbia e não de leveduras ou fungos filamentosos, microrganismos comumente associados à espoliação aeróbia de silagens.

O valor de pH manteve-se baixo durante o ensaio com silagens oriundas de silos do tipo *bag* conduzido por Schmidt (2006). O pHmax encontrado na silagem controle foi de 4,66 e as doses contendo LB mantiveram o pHmax entre 3,84 e 3,86, demonstrando não haver utilização de CHO's e ácido láctico em ambiente aeróbio, capaz de alterar o pH demasiadamente.

Com relação aos dias para que o pHmax fosse atingido, a maioria das silagens diferiu dos dois tratamentos em que a associação de cal virgem e *L. buchneri* foi testada. Esse menor tempo encontrado, bem como para os tratamentos CLs e CLa,

pode ser justificado em virtude das silagens que foram submetidas à estabilidade aeróbia partirem de valores mais elevados de pH, fato característico desse tipo de tratamento alcalino. A mensuração do pH nos dias 0, 5 e 10 da exposição aeróbia, levou Santos (2007) a determinar que os tratamentos contendo cal virgem não apresentaram variação do pH ao longo dos dias, demonstrando claramente que houve baixa atividade de microrganismos aeróbios nesses tratamentos. Esse fato também foi comprovado por Balieiro Neto et al. (2005).

Na Tabela 4.12 estão demonstradas duas outras formas de avaliação de silagens em exposição aeróbia, são os somatórios entre diferenças da temperatura da massa de forragem e do ambiente após 5 (ADITE-5) ou 10 dias (ADITE-10) em ambiente aeróbio e as perdas de MS durante esses mesmos espaços de tempo (PMS0-5 e PMS0-10).

As diferenças na frequência de aquisição da temperatura da massa e do ambiente levaram à grandes variações no somatório das ADITE-5 e ADITE-10. Para isso, apesar de ser apresentado como tal na Tabela 4.12, as comparações com outros trabalhos de literatura serão fornecidos na ordem de percentual do aumento ou diminuição em relação às forragens controle.

Tanto nos 5, quanto nos 10 dias de exposição aeróbia, os parâmetros ADITE-5 e ADITE-10 foram menores nos tratamentos contendo cal virgem exclusivo ou em associação com a bactéria heterolática LB. Isto denotou que esse tratamento químico foi efetivo em melhorar a estabilidade aeróbia das silagens, pois manteve a temperatura da massa mais próximo à temperatura do ambiente. A temperatura da massa foi menor que a temperatura ambiente no tratamento CLs, para os parâmetros ADITE-5 e ADITE-10 e no tratamento CLsLB para o parâmetro ADITE-5. A explicação para que a massa de forragem estivesse com temperatura menor que a ambiente não está fundamentada na literatura científica.

Para o parâmetro ADITE-5, a silagem CT apresentou 26,0°C e a silagem inoculada com LB acumulou cerca de 48% desse total. No estudo de Santos (2007), o acúmulo da silagem LB foi de 116% da silagem controle, não apresentando, portanto, melhoria na estabilidade aeróbia das silagens. Até os 5 dias o acúmulo de temperatura

(ADITE-5) na silagem LB foi de 69% da silagem controle no experimento conduzido por Pedroso (2003).

Muñoz-Maldonado (2007) encontrou acúmulos de temperaturas semelhantes entre a silagem controle e as inoculadas com *L. plantarum* ou associação de bactérias lácticas.

Apesar das grandezas diferentes, a ADITE-10 comportou-se de forma semelhante a ADITE-5. As diferenças entre os tratamentos se acentuaram, sobretudo, nos tratamentos que se apresentaram estáveis por mais tempo (H<sub>2</sub>O) e mantiveram as ADITE-10 baixas, como foi o caso dos tratamentos CLs, CLsLB e CLaLB.

Foi possível avaliar também a perda percentual durante os cinco ou dez dias de exposição aeróbia. Porém não foi verificado efeito dos tratamentos, tanto para as PMS0-5, quanto para as PMS0-10, possivelmente em função do alto coeficiente de variação encontrado para esses parâmetros, 93,08 e 57,34%, respectivamente.

Apesar disso, as perdas permaneceram próximas das relatadas na literatura consultada. As médias aqui verificadas foram de 6,15 e 10,42%, respectivamente para os parâmetros PMS0-5 e PMS0-10. Junqueira (2006) determinou perdas médias de 5,83 e 14,40%, respectivamente.

Queiroz (2006) verificou que não houve diferença entre os tratamentos testados na ensilagem da cana-de-açúcar e apresentou perda de MS, durante os 10 dias de ensaio, de 13,61%.

#### **4.5 Conclusões**

De forma geral, as silagens aditivadas com cal virgem (CaO), tanto como aditivo exclusivo, ou associado ao *Lactobacillus buchneri*, apresentaram os melhores resultados em relação à composição química e estabilidade aeróbia, embora tenham apresentado menor recuperação de matéria seca durante a ensilagem. Todavia, esse parâmetro foi compensado pela maior digestibilidade dessas silagens, o que resultou em maior recuperação de matéria seca digestível.

Os aditivos *L. buchneri* e calcário apresentaram, em geral, melhoria na composição química e padrão fermentativo da silagem de cana-de-açúcar em relação à silagem controle, todavia, não foram superiores ao tratamento contendo cal virgem.

A aplicação da cal virgem em solução aquosa demonstrou pequena melhoria na composição química das silagens, se comparada a aplicação em pó.

## Referências

ALCÁNTARA, E., AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA, A. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 323-331, 1989.

ALLI, I.; BAKER, B.E. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 7, p. 411-417, 1982.

ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 291-299, 1983.

ALVAREZ, F.J.; PRIEGO, A.; PRESTON, T.R. Animal performance on ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, Santo Domingo, v. 2, n. 1, p. 27-33, 1977.

AMARAL, R.C do. **Avaliação de aditivos químicos sobre as perdas e valor alimentício das silagens de cana-de-açúcar para ovinos**. 2007. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, E. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1169-1174, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC International, 1980. 1015 p.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R.; REIS, R.A.; SILVA, D.N.; ROTH, A.P. de T.P.; ROTH, M. de T.P. Pós-abertura de silagens de cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG/SBZ, 2005. 1 CD-ROM

BERZAGHI, P.; COZZI, G.; ANDRIGHETTO, I. The use of near infrared analysis for *in situ* studies. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 3263-3270, 1997.

CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.

CASTRO NETO, A.G. **Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos**. 2003. 101 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

COZZOLINO, D.; ACOSTA, Y.; GARCIA, J. Application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage evaluation in Uruguay. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 370-371.

DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 1, p. 562-567, 2003.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOESLTRA, S.F. Anaerobic lactic acid degradation during ensiling of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 87, p. 583-594, 1999.

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, 1956.

FREITAS, A.W. de P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F. de P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 38-47, 2006.

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

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

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KLEINSCHMIT, D.H.; KUNG JUNIOR, L. A meta-analysis of the effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.



KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 46, n. 2, p. 841-848, 1978.

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**, Savoy, v. 84, p. 1149-1155, 2001.

KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 54, p. 689-695, 1982.

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**, Savoy, v. 67, n. 2, p. 299-306, 1984.

LOURES, D.R.S.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; SOUZA, A.L. de. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, supl. 2, p. 1851-1858, 2007.

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. 138 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MATSUOCA, S.; HOFFMANN, H.P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-35.

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

McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage. Part 2: Storage losses. **Journal of Agriculture Engineering Research**, London, v. 45, p. 1-30, 1990.

MUÑOZ-MALDONADO, J.G. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

NISHINO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 94, p. 800-807, 2003.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p. 1-33.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 794-795.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. chap. 2, p. 31-93.

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

PEDROSO, A. de F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S. de F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.U.; HORII, J.; GOMES, L.H. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 427-432, 2005.

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

QUEIROZ, O.M.C. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or chemical preservative on the fermentation and anaerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 526-535, 2000.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JUNIOR, J.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1994. p. 828-868.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windows**: version 9.00. Cary: SAS Institute, 2002.

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

SHENK, J.; WESTERHAUS, M. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy, **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 496-474, 1991.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R.C. do. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.K.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 6, p. 764-772, 2004.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; AZRIELE, A.; SZAKACS, G.; FILYA, I. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, Berlin, v. 28, p. 7-11, 2002.

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**, Gaithersburg, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

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



## 5 DESEMPENHO DE TOURINHOS EM CONFINAMENTO RECEBENDO RAÇÕES CONTENDO SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) ADITIVADAS DE *Lactobacillus buchneri* OU FONTES DE CÁLCIO

### Resumo

O presente experimento teve como objetivos avaliar o uso de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e verificar como esses alteram o desempenho de bovinos confinados recebendo ração contendo esses volumosos em termos de ingestão de matéria seca, do comportamento desses animais além da estabilidade aeróbia das silagens experimentais. Os tratamentos a que a cana-de-açúcar foi submetida na ensilagem foram: controle (CT), *L. buchneri* na dose de  $5 \times 10^4$  ufc/g MV (LB) e 1% de aditivação de óxido de cálcio (CL) ou carbonato de cálcio (CC) aplicados em pó. A cana-de-açúcar foi colhida num mesmo talhão, provenientes do quarto corte da variedade RB 72-454. Foram utilizados 59 tourinhos *three-cross* com 16 meses de idade média e 464 kg de peso divididos nos quatro tratamentos, com cinco repetições em 20 baias coletivas. Os animais receberam ração contendo 40% de volumoso. As estimativas de composição bromatológica e DVIVMS dos volumosos, rações e sobras de ração foram estimadas pelo NIR. Foi avaliada a ingestão de matéria seca, ganho de peso médio diário e eficiência alimentar. As médias foram calculadas pelo LS MEANS, a comparação das médias deu-se com 5% de significância e os procedimentos utilizados foram o GLM e o Mixed do SAS (2002), para o qual foram testadas matrizes de estrutura de covariância. A silagem controle apresentou teores de componentes da parede celular mais elevados que nas silagens aditivadas, o que resultou no menor coeficiente de DVIVMS (52,14%) neste tratamento. A maior DVIVMS foi observada no tratamento CL (55,65%). O teor de etanol foi baixo para todos os tratamentos e o tratamento CL apresentou menor teor de ácido acético (2,64% MS). Não houve diferença entre as perdas fermentativas durante o manejo de retirada, apresentando média de 86,10% de silagem satisfatória para fornecimento. As rações apresentaram comportamento semelhante às forragens exclusivas, com maior DVIVMS encontrada no tratamento CL (69,93%) e menor no tratamento CT (68,26%). O tratamento CL apresentou os melhores desempenhos em relação à estabilidade aeróbia das silagens, despendendo mais tempo para se alcançar a temperatura máxima (140 h), a instabilidade (95 h) e as menores perdas de MS durante os cinco (5,30%) ou dez dias (12,83%) de exposição ao ar. Os tratamentos químicos (CL e CC) apresentaram ganhos diários inferiores aos tratamentos CT e LB. Entretanto, com relação à IMS não houve diferença entre os tratamentos e a eficiência foi menor somente no tratamento CL (0,100 kg ganho/kg IMS). O NRC (1996) subestimou os ganhos médios de peso em 14% e superestimou a IMS em 7%, em média. Não houve qualquer diferença entre os tratamentos com relação ao comportamento dos animais. Os parâmetros de abate e carcaça apenas diferenciaram-se para os pesos finais dos animais e das carcaças. Pode-se concluir que os animais que receberam rações contendo aditivos químicos apresentaram piores desempenhos que aos tratamentos CT e LB, ainda que o

tratamento CL tenha apresentado melhores resultados na composição química e em estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Desempenho; Estabilidade aeróbia; *Lactobacillus buchneri*; NRC

## Abstract

### **Performance of feedlot bulls fed with rations containing sugar cane silages (*Saccharum officinarum* L.) added with *Lactobacillus buchneri* or calcium sources**

This study aimed to evaluate additives in sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) silages and their effects in the animal performance fed total mixed rations: dry matter intake, animal ingestive behavior and aerobic stability of forage sources. The experimental treatments were: control sugar cane silage (CT), inoculation with by *L. buchneri* at the rate of  $5 \times 10^4$  cfu/g forage (LB) and chemical treatments, 1% of calcium oxide (CL) and 1% of calcium carbonate (CC). The variety RB 72-454 was raised under fourth regrowth cycle and all the treatments were harvested in the same field. In total, 59 three-cross breed beef bulls were used, aging 16-months and with 464 kg of body weight. They were allocated in 20 pens, divided in four treatments and five replications each. The animals were fed by total mixed rations with 40% of forage. Chemical analyses and IVTDMD were estimated by NIR. The performance parameters analyzed were: DM intake, daily gain and feed efficiency. The means were estimated by LS MEANS (5% of significance) and the procedures used were GLM and Mixed (SAS, 2002), testing matrix of covariance structure. Control silages showed highest cell wall contents, as result that treatment led to the lowest IVTDMD (52.14%). The highest IVTDMD was found in the CL silages (55.65%). The ethanol content was low in all the four treatments and the acetic acid on the CL treatment was the lowest (2.64% in the DM). There was no difference at the feeding-out rate, averaging 86.10% of suitable silage. Total mixed ration followed the same pattern found for the silages and the highest IVTDMD was found for the CL treatment (69.93%) and the lowest for the CT treatment (68.26%). The best results were found during the aerobic stability trial as for the CL silages. This treatment expended more time to achieve the maximum temperature (140 hours) and to reach the instability (95 hours), moreover the calcium oxide source added to sugar cane led to lowest aerobic losses during five (5.30%) and ten (12.83%) days in aerobic exposure. The chemical additives (CL and CC) led to lower daily gains than control and LB treatments. However, there was no difference across the treatments on the dry matter intake and the feed efficiency was lower only for the CL treatments (0.100 kg DG/kg DMI). NRC (1996) underestimated the daily gains by 14% and overestimated the DM intake by 7%. There were no differences regarding animal behavior among treatments. The carcass and slaughtering parameters showed differences for the final live and carcass weights. In conclusion, the chemical additives had driven to lower animal performance than CT and LB treatments, however, calcium oxide source showed the best results in terms of chemical composition and aerobic stability.

Key words: Aerobic stability; *Lactobacillus buchneri*; NRC; Performance; Sugar cane



## 5.1 Introdução

O potencial de produção de matéria seca e de energia por área são os motivos principais para a escolha dessa cultura como fonte de volumosos. Vários trabalhos destacam a cana-de-açúcar com potencial de produção de energia, sob a forma de nutrientes digestíveis totais (NDT), por área. Na produção da cana-de-açúcar, freqüentemente, se obtém 15 a 20 toneladas de NDT por hectare, enquanto que com a utilização de outras culturas (milho e sorgo, p.ex.), raramente se atinge 10 toneladas de NDT por hectare.

Apesar de ser amplamente divulgada como uma cultura que se presta para o corte diário, em certas situações, a cana-de-açúcar necessita ser colhida imediatamente e o fornecimento diário fica prejudicado. Dentre essas situações, destaca-se a necessidade de liberação das glebas, final de safras para ser destinada a produção de açúcar ou álcool e necessidade dos tratos culturais pela usina, ocorrência de fogo ou geada forte. Nessas situações exemplificadas, a opção do destino do talhão seria a ensilagem. Além disso, a escolha do produtor para o alimento conservado ou a necessidade por conta do tamanho do rebanho, colocam a ensilagem da cana-de-açúcar como opção de forma de fornecimento dessa forragem.

A cana-de-açúcar possui características intrínsecas que a indicam para a conservação na forma de silagem, como baixa capacidade tamponante (CaT), alto teor de MS e alto teor de carboidratos solúveis (CHO's) (WEISSBACH; HONIG, 1996, citados por OUDE ELFERINK et al., 2000).

De acordo com Pahlow et al. (2003), são as bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias, leveduras e fungos que fermentam os açúcares (CHO's) e produzem ácidos orgânicos. Na maioria das forragens, a população média desses microrganismos aparece entre  $10^6$  ufc/g de forragem para BAL,  $10^3$  a  $10^6$  ufc/g de forragem para enterobactérias,  $10^3$  a  $10^5$  ufc/g de forragem para leveduras e entre  $10^3$  e  $10^4$  ufc/g de forragem para fungos e uma competição entre essas espécies é quem ditará o perfil dessa fermentação (BOLSEN et al., 1992).

Na conservação da cana-de-açúcar a fermentação é, em parte, desviada para uma fermentação alcoólica, pois aliado aos altos teores de CHO's existe uma numerosa

população de leveduras epifíticas. Segundo Bevan e Bond (1971), os maiores responsáveis pela fermentação alcoólica são as leveduras do gênero *Candida*, *Saccharomyces*, *Torula* e *Pichia*. Esses microrganismos, segundo Gallo e Canhos (1991), estão presentes em populações entre 10 a 10<sup>3</sup> ufc/g de cana-de-açúcar, todavia, há relatos de populações tão elevadas quanto 10<sup>6</sup> ufc/g de forragem (PAHLOW et al., 2003).

Para Nussio e Schmidt (2004), a produção de etanol e a queda do valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, são as principais dificuldades apresentadas pelo processo de conservação desta forragem e o maior desafio da pesquisa na busca por medidas que controlem adequadamente a população e a atividade de leveduras, sem prejuízo do valor nutritivo da silagem e do desempenho dos animais.

Um dos aditivos mais utilizados em pesquisas com silagens de cana-de-açúcar é o *Lactobacillus buchneri*, bactéria heterolática que é capaz de produzir, à partir de glicose, o ácido láctico e quantidades expressivas de ácido acético. O ácido acético apresenta característica antifúngica como forma a melhorar a estabilidade aeróbia das silagens (RANJIT; KUNG JUNIOR, 2000).

Esse microrganismo apresentou resultados muito bons na melhoria da estabilidade aeróbia em silagens de diversas espécies vegetais, por conta da maior produção de ácido acético em detrimento à produção exclusiva de ácido láctico. Os resultados foram melhores para a silagem inoculada em relação à silagem controle em culturas de milho (RANJIT; KUNG JUNIOR, 2000; NISHINO et al., 2003; DANNER et al., 2003), cevada (KUNG JUNIOR; RANJIT, 2001; TAYLOR et al., 2002) e trigo (WEINBERG et al., 2002), despertando o interesse para a cana-de-açúcar.

Outros aditivos que despertaram o interesse na ensilagem da cana-de-açúcar foram os aditivos químicos. Em alguns estudos, a cal virgem tem demonstrado efeito sobre as frações fibrosas ao serem aplicadas antes do processo de ensilagem. Isso pôde ser comprovado no trabalho de Cavali et al. (2006), que verificaram quedas nos teores de FDN, FDA e HEM conforme a dose de cal virgem foi aumentada, com conseqüente melhoria na DIVMS. Amaral (2007) verificou, tanto na cana-de-açúcar tratada com cal virgem, quanto na tratada com calcário, que as frações da fibra vegetal

apresentaram-se percentualmente mais baixas que aquelas da silagem de cana-de-açúcar exclusiva.

Também testando a cal virgem na ensilagem da cana-de-açúcar em duas doses (1,0 e 1,5% da MV), Santos (2007) verificou que esse aditivo promoveu significativo decréscimo no teor de etanol se comparada à silagem controle que apresentou 4,78% de etanol na MS, enquanto que as silagens aditivadas com cal não apresentaram mais que 0,38% de etanol na MS.

Como pôde-se observar, alguns estudos foram conduzidos na tentativa de se estabelecer os aditivos químico e as doses ideais para a ensilagem da cana-de-açúcar. Todos foram testados em modelos de experimentação em silos laboratoriais, porém sem resultados quanto ao desempenho de animais.

Dessa forma, esse estudo propõe como objetivos: avaliar o uso de aditivos contendo fontes de cálcio e aditivo microbiano na ensilagem da cana-de-açúcar e verificar como esses alteram o desempenho de bovinos confinados, recebendo ração contendo esses volumosos, em termos de ingestão de matéria seca, do desempenho e do comportamento desses animais, além da estabilidade aeróbia das silagens experimentais.

## **5.2 Material e Métodos**

### **5.2.1 Locais do experimento**

Foram utilizadas as instalações de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, Setor de Ruminantes, em Piracicaba, SP para a avaliação de desempenho dos animais. As silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e rações foram analisadas no Laboratório de Bromatologia do mesmo Departamento.

Os bovinos foram abatidos no Frigorífico Marfrig<sup>®</sup>, em Promissão, SP e o estudo de qualidade da carne foi desenvolvido no Laboratório de Carnes do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, da USP, em Pirassununga, SP.

### 5.2.2 Desenho experimental e tratamentos

O delineamento experimental caracterizou-se como composto por blocos completos casualizados contendo quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando 20 baias coletivas, as unidades experimentais utilizadas. O fator de casualização utilizado foi o peso inicial dos animais.

Os tratamentos experimentais utilizados foram rações formuladas com um dos quatro tipos de silagens de cana-de-açúcar:

- CT – silagem de cana-de-açúcar sem aditivo;
- LB – silagem de cana-de-açúcar inoculada, no momento da ensilagem, com LalSil Cana, da Lallemand<sup>®</sup>, na dose comercial do produto (2 g/t MV);
- CL – silagem de cana-de-açúcar aditivada, no momento da ensilagem, com 1% de CaO, aplicado na forma seca;
- CC – silagem de cana-de-açúcar aditivada, no momento da ensilagem, com 1% de CaCO<sub>3</sub>, aplicado na forma seca.

A mesma nomenclatura descrita foi utilizada para as rações, uma vez que estes volumosos foram os únicos ingredientes a variarem dentro de todo experimento.

### 5.2.3 Confeção das silagens

A cana-de-açúcar foi colhida em uma propriedade (de coordenadas geográficas aproximadas de: 22°46' S e 47°34' O) próxima ao campus “Luiz de Queiroz” e transportada picada.

Os silos utilizados localizavam-se próximos a unidade de confinamento e tinham capacidade para estocarem, aproximadamente, 72 m<sup>3</sup> (20,0 m de comprimento x 3,0 m de largura x 1,2 m de altura). Foram escavados com declividade aproximada de 3% para facilitar o escoamento do efluente que pudesse ser produzido. Os silos não eram revestidos de alvenaria e utilizou-se lona plástica de espessura de 200 µm para se evitar o contato direto da massa ensilada com a terra.

O processo de ensilagem ocorreu do dia 12 ao dia 15 de Setembro de 2005. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 72-454, oriunda do 4º corte, colhida

madura, com teor médio de sólidos solúveis de 24°Brix, de acordo com medida de refratômetro de campo Tokyo<sup>®</sup>, modelo 032.

O corte foi realizado pela colhedora da marca Menta Mit<sup>®</sup>, modelo Colhimenta 3000, acoplada ao trator dotado de redutor e com regulagem ajustada para corte com tamanho médio de partículas entre 0,5 e 1,0 cm. A forragem foi transportada picada em caminhões basculantes desde a propriedade onde foi cultivada, distante em aproximadamente 6 km do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ.

Os caminhões foram alternadamente descarregados em cada um dos quatro silos de maneira a não haver interferência do momento de colheita, dia ou mesmo desgaste da afiação das lâminas de corte da colhedora.

O tratamento CT foi compactado sem a adição de qualquer aditivo químico ou inoculante, sendo a forragem, somente, compactada. No tratamento LB a forragem foi tratada com o inoculante comercial LaSil Cana, da Lallemand<sup>®</sup>, constituído da cepa NCIMB 40788 da bactéria heterolática *L. buchneri*. A dose do produto adotada foi a comercial (2 g/t MV), sendo essa quantidade diluída em dois litros de água deionizada. Dessa maneira, procurou-se obter contagem teórica utilizada de microrganismo de  $5 \times 10^4$  ufc/g MV. Essa aplicação ocorreu utilizando-se pulverizadores manuais de 5 e 10 L de capacidade, da marca Brudden<sup>®</sup>, com bicos para baixa pressão.

Os tratamentos químicos CL e CC foram confeccionados de forma semelhante. À medida que os caminhões chegavam tendo o peso da carga de forragem, os aditivos químicos (CaO e CaCO<sub>3</sub>) foram pesados para serem incorporados na dose de 1%. No descarregamento da cana-de-açúcar picada a quantidade necessária de cada um dos aditivos foi espalhada em camadas finas de forma mais homogênea possível. Esses aditivos químicos foram aplicados sem serem diluídos em água, sendo aplicados à lança, com os responsáveis por esse procedimento devidamente protegidos.

O processo de compactação ocorreu de maneira equivalente em todos os silos, sendo que o tempo utilizado para compactação foi equivalente ao tempo de colheita e o trator utilizado apresentava massa suficiente para que o processo não fosse restritivo.

Após o enchimento completo dos silos, eles foram vedados com lona de dupla-face com espessura de 200 µm. Foram também colocados sacos de areia e lajotas de

concreto sobre a lona no redor de todo o perímetro dos silos, bem como na sua porção mais central, para que a mesma ficasse aderida à massa de forragem.

#### **5.2.4 Abertura dos silos e manejo de retirada**

Os silos foram abertos no dia 11 de Novembro de 2005, depois de 57 dias do término da ensilagem. Uma fatia de aproximadamente 1,0 m foi removida da porção frontal de cada um dos silos, até que a avaliação visual sugerisse que a silagem de aspecto satisfatório fosse alcançada. Isso teve como objetivo colocar todos os tratamentos em parâmetro de igualdade no início do experimento de desempenho e iniciar a avaliação das perdas por deterioração aeróbia.

As perdas da silagem por deterioração foram avaliadas após a remoção da quantidade diária necessária para alimentar os animais, separando-se o que subjetivamente apresentava aparência de material deteriorado, por meio de avaliação sensorial. A silagem considerada satisfatória para alimentação foi carregado no vagão de mistura total da marca Siltomac<sup>®</sup>, modelo Ração Total 203. As quantidade de forragem bem preservada e deteriorada foram pesadas e mensurada percentualmente em cada dia do experimento.

#### **5.2.5 Instalações, períodos de avaliação, animais utilizados e rações experimentais**

Foi utilizada a unidade de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da USP/ESALQ, sendo utilizadas 20 baias coletivas de 32 m<sup>2</sup> cada uma, sendo metade dessa área coberta. Todas as baias continham comedouro, bebedouro e piso concretado. Os ingredientes concentrados foram armazenados em barracão coberto localizado próximo ao local de experimentação.

Para manter as instalações de modo adequado para os animais o piso foi raspado e limpo semanalmente, bem como os bebedouros também foram lavados na mesma freqüência.

Os animais foram transferidos para as baias coletivas para adaptação com um mês de antecedência. Os animais foram alimentados com ração única, cujo volumoso foi silagem de cana-de-açúcar sem aditivo, oriunda do excedente de experimento anterior. Os ingredientes concentrados utilizados na fase de adaptação foram os mesmos utilizados durante o período experimental, inclusive na mesma proporção utilizada na fase experimental.

No início do período de adaptação os animais foram pesados, vermifugados e receberam aplicação de injeção subcutânea de complexo vitamínico ADE. Os animais foram pesados e alocados em blocos de acordo com o peso inicial e mantidos separados, desta forma, até o final do período experimental.

Os animais utilizados foram 59 bovinos *three-cross* (Mães: Nelore x Santa Gertrudes; Pais: Angus ou Pardo Suíço), machos, não castrados, com média de 16 meses de idade e peso médio de 464 kg. Os tourinhos foram separados em três animais por baia, tendo uma das baias apenas dois animais, eles foram divididos em cinco blocos, a divisão dos animais está demonstrada na Tabela 5.1.

O período do experimento estendeu-se até o dia 28 de Janeiro de 2006, dia da pesagem final, totalizando 78 dias de avaliação. Foram realizadas duas pesagens intermediárias aos 26 e 53 dias de experimentação, para acompanhamento do desenvolvimento dos animais. Antes de cada pesagem os animais foram submetidos a jejum alimentar de 12 horas. Essas pesagens tiveram a finalidade de acompanhar, em cada período, como os animais estavam respondendo aos respectivos tratamentos. O primeiro período correspondeu ao desempenho dos animais entre o 1º e 26º dia, o segundo do 27º ao 53º e o terceiro do 54º ao final, aos 78 dias de experimento.

Utilizando o *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996) para DOS®, foram formuladas as rações experimentais com base em matéria seca. Visando ganhos médios de peso de 1,1 kg/animal/dia, o programa estabeleceu que as rações devessem conter 72% de NDT e 12,7% de PB.

O volumoso (silagem de cana-de-açúcar) foi a única fonte de alteração das rações formuladas, alterando-se entre os tratamentos CT, LB, CL, CC. A relação volumoso:concentrado utilizada foi de 40:60. A composição das rações experimentais com base na MS foi: 40,1% do volumoso; 49,5% de polpa cítrica peletizada; 7% de

farelo de algodão; 1,9% de uréia e 1,5% de mistura mineral. Esta foi formulada para conter: 6,0% de Ca; 5,0% de P; 6,0 de Na; 8,0% de S; 1 ppm de Co; 600 ppm de Cu; 40 ppm de I; 9 ppm de Se; 2200 ppm de Zn e 1,9% de monensina sódica.

Tabela 5.1 – Distribuição dos animais em função do peso médio no início do período experimental

<b>Bloco</b>	<b>Baia</b>	<b>Nº de animais</b>	<b>Tratamento</b>	<b>PMI<sup>1</sup> dos animais (kg)</b>
1	1	3	CL	508
	2	2	CT	513
	3	3	LB	512
	4	3	CC	509
2	5	3	CL	490
	6	3	CT	486
	7	3	LB	488
	8	3	CC	490
3	9	3	CT	465
	10	3	LB	465
	11	3	CC	463
	12	3	CL	466
4	13	3	LB	442
	14	3	CC	444
	15	3	CT	443
	16	3	CL	442
5	17	3	CC	414
	18	3	CT	423
	19	3	LB	418
	20	3	CL	421

Nota: <sup>1</sup> PMI – Peso médio inicial dos animais da baia.



### 5.2.6 Arraçoamento

As atividades se iniciavam às 7:00 horas, com a avaliação visual e recolhimento das sobras. Este material foi recolhido em sacos individuais de polietileno e pesado em balança digital da marca Marte<sup>®</sup>, modelo LC100, com capacidade máxima de 100 kg.

O alimento foi fornecido *ad libitum*, sendo a quantidade fornecida calculada diariamente. A sobra foi quantificada no dia seguinte, de modo que estivesse entre 5 e 10% da quantidade fornecida.

Depois da limpeza dos comedouros, o vagão de mistura total da marca Siltomac<sup>®</sup>, modelo Ração Total 203 era conduzido até os silos e então era carregada a quantidade necessária de cada tratamento. Depois dos volumosos serem carregados os ingredientes concentrados foram pesados na balança da marca Marte<sup>®</sup>, modelo LC100, e misturados pelo sistema de barras horizontais do vagão de mistura total.

A distribuição do alimento no comedouro seguiu a ordem dos tratamentos, sendo fornecidas as quantidades em função do cálculo prévio da IMS do dia anterior. A seqüência de arraçoamento manteve-se inalterada durante todo o período experimental, sendo a seqüência seguinte: CT, LB, CL e CC.

As quantidades de ração fornecida, bem como as sobras, foram quantificadas diariamente para cálculo e ajuste na ingestão de MS dos animais.

### 5.2.7 Rotina de amostragem

As fontes de volumosos foram amostradas após prévia homogeneização de toda a massa de forragem do dia de amostragem (terças-feiras). O teor de MS e a análise químico-bromatológica foram mensurados em amostras de aproximadamente 250 g, sendo ela acondicionada em sacos de papel com a tara registrada previamente e mantidas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C, durante 72 horas. Uma amostra de 50 g foi congelada e mantida em - 20°C para confecção do extrato aquoso e outra de cerca de 250 g foi utilizada para a determinação do tamanho médio de partículas.

Semanalmente também foram amostrados (50 g) os ingredientes concentrados. Sendo também mantidos em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C, durante 72

horas, para determinação do teor de MS, depois foram identificados, armazenados e, ao final do experimento, homogeneizados, formando uma amostra única para cada ingrediente. Semelhante ao ocorrido com os volumosos, as amostras secas foram moídas em moinho do tipo *Wiley* provido de peneiras com crivo de 1,0 mm de diâmetro.

De acordo com os teores de MS das silagens e dos ingredientes concentrados houve o ajuste semanal do teor de MS das rações. Isto foi levado em conta para a alteração da quantidade de cada um dos ingredientes, na base úmida, para a composição da ração.

Amostras da ração fornecida e das sobras de cada um dos comedouros das baias também foram coletadas semanalmente, obedecendo à amostragem das rações às terças e das sobras às quartas-feiras. No caso de algum comedouro não apresentar sobra suficiente, a amostragem ocorria no dia seguinte. As amostras das rações e sobras, após serem secas em estufa e moídas, foram homogeneizadas e compostas por baia em cada um dos três períodos experimentais.

### **5.2.8 Análises químico-bromatológicas**

Foi utilizada a espectroscopia de reflectância de infravermelho proximal (NIR), método utilizado e previamente descrito por Berzaghi; Cozzi e Andrighetto (1997) e Cozzolino; Acosta e Garcia (2001), para estimativa dos teores de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS).

Foi utilizado o espectrômetro modelo NIRSystems 5000 (FOSS NIRSystems® Inc., Silver Spring, MD, USA) acoplado a microcomputador equipado com *software* WinISI II 1.5 (Intrasoft International, Port Matilda, PA, USA). O material moído foi escaneado com a utilização da célula *Transport quarter cup*, modelo IH – 0379 para obtenção dos espectros NIR. Foram utilizadas 523 amostras, geradas dos três experimentos que compõem esta tese para gerar o banco de dados.

O conjunto de amostras foi escaneado nesse equipamento obtendo leituras compreendidas entre comprimentos de onda de 1100 a 2498 nm. Esses espectros

foram armazenados em curvas log (1/R), a intervalos de 2 nm. Utilizaram-se os métodos de seleção de amostras existentes no *software* do equipamento, por meio dos algoritmos CENTER e SELECT (SHENK; WESTERHAUS, 1991). O algoritmo CENTER descarta as amostras com distância superior a 3,0 H (distância padronizada de Mahalanobis) da média, sendo consideradas como *outliers*. O algoritmo SELECT verifica a distância de seu vizinho mais próximo no conjunto de amostras, adotando-se a distância máxima de NH (*Neighborhood H*) de 0,8 H, de forma a selecionar amostras representativas de variação espectral. Do total de amostras do banco de dados o *software* selecionou 99 para a análise química e posterior desenvolvimento de curvas de calibração.

Os teores de matéria seca (MS) e mineral (MM) das amostras selecionadas pelo NIR foram determinados segundo método da AOAC (1980).

O teor de PB foi determinado por meio da combustão das amostras, de acordo com o método de *Dumas*, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio, marca LECO® (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA), modelo FP-528 (WILES; GRAY; KISSLING, 1998).

As determinações dos teores de FDN e FDA aconteceram pelo método seqüencial proposto pela *ANKOM Fiber Analyser* (ANKOM® Technology Corp., Fairport, NY, USA) e descrito por Holden (1999). O teor de HEM foi calculado pela diferença entre os valores de FDN e FDA, sendo que o mesmo também foi inserido no banco de dados do NIR e calculado da mesma maneira.

O coeficiente de DVIVMS foi calculado seguindo o mesmo protocolo proposto da *ANKOM Daisy Incubator* (ANKOM® Technology Corp., Fairport, NY, USA), também descrito por Holden (1999). O fluido ruminal foi obtido de uma vaca da raça Holandesa fistulada no rúmen, pesando aproximadamente 600 kg. O animal foi mantido previamente em alimentação básica com feno de gramínea e mistura mineral.

Foi utilizado o modelo de regressão multivariada MPLS (*Modified Partial Least Squares*) com vários tratamentos matemáticos dos espectros NIR para que cada uma das variáveis fosse calculada separadamente. Os tratamentos matemáticos (*derivative, gap over, smooth, second smooth*) utilizados foram: 1,4,4,1; 2,4,4,1; 2,10,10,1; 2,20,20,1. As equações desenvolvidas foram selecionadas pelos menores erros padrão

de calibração (SEC) e validação cruzada (SECV) e pelos maiores coeficientes de determinação da calibração ( $R^2$ ) e de validação cruzada (1-VR). Depois de escolhidas as equações, estimou-se os teores dos nutrientes de todo o banco de dados.

Os teores de MS, MM, PB, FDN, FDA e HEM, bem como o coeficiente de DVIVMS dos ingredientes concentrados (polpa cítrica peletizada, farelo de algodão e milho em grão moído) foram analisados somente pela química líquida, conforme as metodologias descritas acima, sem a inserção destes valores no conjunto de amostras que foram analisadas e calculadas pelo NIR. A análise bromatológica média para esses ingredientes está demonstrada na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Análise químico-bromatológica dos ingredientes concentrados utilizados em rações dos tourinhos *three-cross*

<b>Variável</b>	<b>PCP<sup>1</sup></b>	<b>FA<sup>2</sup></b>
MS, %	94,00	94,21
MM, % MS	6,93	6,18
PB, % MS	7,41	44,60
FDN, % MS	29,32	31,23
FDA, % MS	21,40	24,41
HEM, % MS	7,92	6,82
DVIVMS, %	82,04	64,55

Notas: <sup>1</sup> PCP – Polpa cítrica peletizada; <sup>2</sup> FA – Farelo de algodão.

As amostras das silagens coletadas semanalmente foram descongeladas e preparadas segundo metodologia de Kung Junior et al. (1984). A uma amostra de 25 g de forragem foram adicionados 225 mL de água deionizada, sendo processada durante um minuto no liquidificador industrial, modelo TA-02, da marca Skymesen<sup>®</sup>. Em seguida o valor de pH foi medido na amostra processada com o uso de potenciômetro digital modelo DM 20, marca Digimed<sup>®</sup>. Na seqüência, o extrato preparado foi filtrado em papel de filtro Whatman<sup>®</sup> 54, acidificado com três gotas de ácido sulfúrico (50%) e centrifugado durante 15 minutos a 10.000 x g. O sobrenadante foi transferido para microtubos plásticos com capacidade de 1,5 mL e armazenados à - 20°C.

O extrato aquoso foi ponto de partida para determinação dos carboidratos solúveis (CHO's) em água das silagens de cana-de-açúcar. 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 extrato aquoso das silagem ou das soluções padrões de sacarose foi adicionada a solução de fenol. Depois de homogeneizadas, as soluções descritas acima foram acidificadas com ácido sulfúrico 98%, sendo em seguida conduzidas ao banho-maria à 37°C, onde permaneceram por 20 minutos. Passado este período, uma alíquota das soluções foi pipetada para placas de microtubo e encaminhada para leitura de absorvância em leitor de microplaca (Bio-Rad®, Hercules, CA, USA) utilizando-se filtro para absorvância de 490 nm. O *software* do equipamento fez os cálculos do teor de CHO's, à partir de valores de absorvância da curva padrão e estimou os teores das amostras (µg/mL). Os valores foram corrigidos para percentual da MS para fins de comparação com resultados de literatura.

O ácido láctico foi determinado segundo metodologia adaptada de Pryce (1969). As soluções padrões de ácido láctico foram preparadas segundo método descrito pelo autor. Adicionou-se 3,95 mL do reagente precipitante (contendo tungstato de sódio, ácido ortofosfórico 90% e sulfato de cobre) a 50 µL de solução padrão ou extrato de silagem em tubos de ensaio e agitados por cinco segundos. A seguir, centrifugou-se por cinco minutos a 2000 x *g*. O sobrenadante foi pipetado para outro tubo de ensaio e a ele foram adicionados 6 mL de ácido sulfúrico concentrado. Depois de dois minutos, os tubos foram agitados por dez segundos em vortex, seguido de resfriamento dos mesmos em água corrente. A etapa seguinte foi adição de 100 µL de reagente de coloração (1,5 g de p-hidroxibifenil, em 100 ml de dimetilformamida) ao produto de análise e nova agitação em vortex por 5 segundos. Depois de descanso de dez minutos, os tubos passaram por banho em água fervente durante 90 segundos, estando assim, prontos para a leitura de absorvância que foi realizada pelo espectrofotômetro, modelo 6405 UV/Vis., da marca Jenway®, calibrado para comprimento de onda de 565 nm.

Para análise dos ácidos graxos voláteis (C2, C3 e C4) seguiu-se a metodologia descrita por Campos; Nussio e Nussio (2004), na qual 800 µL do extrato aquoso da

silagem, juntamente com 200  $\mu\text{L}$  de ácido fórmico e 100  $\mu\text{L}$  de padrão interno foram transferidos para frascos de cromatografia. A leitura foi realizada em cromatógrafo líquido-gasoso, CLG (Hewlett Packard<sup>®</sup> 5890, série II), equipado com braço mecânico HP Integrator 3396, série II (Hewlett Packard Company<sup>®</sup>). O gás de arraste e os comburentes foram nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, respectivamente nas vazões de 20, 30 e 400 mL/min. A temperatura do injetor foi de 150°C, do detector de 190°C e da coluna 115°C.

O teor de etanol (g/L) foi determinado por meio de leitura direta utilizando-se o analisador bioquímico YSI 2700 Select (Biochemistry Analyzer<sup>®</sup>, Yellow Spring, OH, USA). Também para fins de comparação com dados de literatura, os valores foram calculados em função do percentual de MS das amostras.

### 5.2.9 Cálculo do tamanho médio de partículas

A avaliação do tamanho de partículas foi realizada com base na estratificação dessas partículas pelo método *Penn State Particle Size Separator* (LAMMERS; BUCKMASTER; HEINRICHS, 1996). Entretanto, foi incorporada uma adaptação (MARI; NUSSIO, 2007) ao método original com a inserção de uma peneira adicional com orifícios de 38 mm de diâmetro, como detalhado a seção 3.2.9 (Figura 3.1).

Com a adaptação foi mensurada o percentual do material retido na peneira com perfurações de diâmetro superior a 38 mm, percentual do material retido na peneira com perfurações de 19 mm, percentual do material retido na peneira com perfurações de 7,8 mm e percentual do material retido na bandeja inferior. O método leva em conta as proporções retidas em cada uma das peneiras e no fundo, considerando-se a quantidade original de 250 g de amostra.

O tamanho médio de partículas foi estimado pelo procedimento Reliability do SAS (2002). Esse utiliza a média como o valor mais provável do tamanho médio de partículas. Trata-se de uma distribuição do tipo *Weibull*, não-simétrica, com deslocamento à direita.

### **5.2.10 Desempenho de animais**

As variáveis de desempenho animal avaliadas foram todas calculadas como a média dos animais dentro de cada uma das baias por esta se tratar da unidade experimental.

Foi determinado o ganho de peso médio diário (GPD), a ingestão de matéria seca (IMS), tanto medida em kg por dia, como com relação ao percentual do peso vivo e a eficiência alimentar (EA).

### **5.2.11 Avaliação da temperatura da massa e perdas de matéria seca durante a ensilagem e estabilidade aeróbia**

A avaliação da temperatura durante a ensilagem iniciou-se com a confecção de 12 silos experimentais (4 tratamentos e 3 repetições). Os quatro tratamentos corresponderam aos utilizados nos silos trincheira. No dia 15 de Setembro de 2005 foram confeccionados os silos-irmãos com capacidade de 20 L, seguindo as doses, tratamentos e modo de aplicação dos aditivos utilizados (seção 5.2.3) nos silos confeccionados para ser avaliado o desempenho animal.

No centro geométrico do balde foi posicionado um sensor eletrônico de aquisição de dados de temperatura (*Data loggers*) da marca Dickson<sup>®</sup>, modelo SK100 (Dickson<sup>®</sup> Technologies, Addison, IL, USA). O sensor foi programado para que registrasse as temperaturas da massa em intervalos de uma hora. Diferentemente dos ensaios de estabilidade aeróbia, os baldes, neste estudo, foram alocados em local coberto, porém, mantidos em temperatura ambiente. Esse ensaio foi conduzido durante 33 dias, até o dia 18 de Outubro de 2005.

Nesta avaliação observou-se a temperatura máxima atingida no processo fermentativo (TmaxF); o tempo necessário para atingir essa temperatura máxima (HTmaxF) e a perda total de MS durante o processo fermentativo (PMSF), segundo metodologia descrita na seção 4.2.7.

No dia 18 de Outubro de 2005 os mesmos foram abertos e foi conduzido um ensaio de estabilidade aeróbia por 10 dias. O ensaio foi estabelecido testando-se os quatro tipos de silagens de cana-de-açúcar.

O método utilizado para avaliar a estabilidade aeróbia foi previamente descrito por Ranjit e Kung Junior (2000). Nesse estudo os autores consideram o final da estabilidade aeróbia como sendo o momento em que a temperatura da massa exposta ao ar excede a temperatura do ambiente em 2°C.

Depois da abertura, cerca de 3 kg de forragem foi acondicionada, sem serem compactadas, em baldes de PVC de 20 L de capacidade. No centro da massa de forragem foi colocado também o sensor eletrônico de aquisição de dados de temperatura (*Data loggers*) da mesma marca e modelo utilizados previamente (Dickson® Technologies, Addison, IL, USA). O sensor foi programado para que registrasse as temperaturas da massa em intervalos de 30 minutos. Os baldes foram posicionados aleatoriamente em sala climatizada com temperatura média de  $24,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Dentro da sala um dos sensores também posicionado e serviu de base de dados da temperatura do ambiente.

Com auxílio do *software* Dicksonware, versão 8.0.5 (Dickson® Technologies, Addison, IL, USA) os dados foram recuperados e plotados em função do tempo.

Os baldes tiveram suas taras registradas e foram pesados uma vez ao dia para que se pudesse avaliar as perdas de MS durante o ensaio de estabilidade aeróbia.

Ao início do ensaio, no quinto e no décimo dia de estabilidade aeróbia foram coletadas amostras de aproximadamente 150 g de cada um dos 12 baldes para a determinação do teor de MS, após serem mantidas por 72 horas, em estufa regulada para 55°C.

Diariamente foram coletadas amostras (25 g) de cada balde para a mensuração do pH. Essas amostragens bem como as acima mencionadas foram computadas à massa para avaliação das perdas de MS no quinto e décimo dias.

Os parâmetros avaliados durante todo o ensaio foram definidos por O'Kiely; Clancy e Doyle (2001): número de horas para a massa atingir a temperatura máxima (HTmax); temperatura máxima atingida pela massa (Tmax); acúmulo térmico de 5 e 10 dias (ADITE-5 e ADITE-10), da diferença média diária entre a temperatura das silagens



e a temperatura ambiente; pH máximo alcançado (pHmax); número de dias para se atingir o pH máximo (DpHmax); perda de MS de 0 a 5 (PMS0-5) e 0 a 10 dias (PMS0-10). Além daquela definida por Ranjit e Kung Junior (2000), número de horas para elevação da temperatura em 2°C (H2°C) em relação à temperatura do ambiente.

### **5.2.12 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e valor energético das silagens de cana-de-açúcar**

De posse dos dados da composição químico-bromatológica, digestibilidade dos volumosos e das rações (obtidas pela análise laboratorial) e com o percentual de IMS observado (kg) para cada um dos ingredientes, foram calculadas as predições de ganho de peso, ingestão de MS e valor energético das rações. Esses valores foram calculados com o uso do *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996) para DOS<sup>®</sup>, no nível 1 (Tabular).

Definiu-se como padrão o *Grading System 2*, segundo o qual os animais tri-cruzados apresentariam 20% de gordura corpórea, quando atingissem peso de abate de 480 kg, média de peso obtido no experimento. Pelo fato das baias constituírem as unidades experimentais, a alimentação do programa com a idade e peso médio observado no experimento, foi representada pelos valores médios de cada 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 FA. De acordo com dados reportados pela literatura, foram adotados valores de NDT de 82 e 75%, respectivamente.

Os valores de energia líquida de manutenção (EL<sub>m</sub>) e de ganho (EL<sub>g</sub>) foram determinadas pela metodologia proposta por Zinn e Shen (1998) e 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 18 baias, bem como o peso médio dos animais (kg) em cada uma das baias. Os dados de ingestão de MS e de nutrientes foram calculados utilizando-se valores de ingestão média dos animais em cada uma das baias e composição de nutrientes analisados nas amostras, utilizando a baia como a unidade experimental.

Com estes valores foi possível estimar as exigências energéticas de ganho ( $E_g$ ) – Equação 5.1 – e manutenção ( $E_m$ ) – Equação 5.2 – expressas em Mcal/dia, segundo NRC (1984).

$$E_g = (0,0493 \times PV^{0,75}) \times GPD^{1,097} \quad (5.1)$$

$$E_m = 0,077 \times PV^{0,75} \quad (5.2)$$

Com os valores de exigências energéticas calculados, o próximo passo foi determinar a expectativa de concentração de energia líquida de manutenção ( $EL_m$ ) – Equação 5.3 – e de ganho ( $EL_g$ ) – Equação 5.4 – das rações, expressas em Mcal/kg MS. Para o cálculo foram utilizadas as equações descritas abaixo:

$$EL_m = \frac{(-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac})}{2a} \quad (5.3)$$

Na qual:

$$a = 0,877 \times IMS$$

$$b = (0,877 \times E_m) + (0,41 \times IMS) + E_g$$

$$c = -0,41 \times E_m$$

$$EL_g = (0,877 \times EL_m) - 0,41 \quad (5.4)$$

Os cálculos da concentração de energia esperada foram realizados por meio das equações descritas no programa NRC (1996). 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. Desse modo, a partir destes valores foram calculadas as relações entre as concentrações de energia observada e esperada.

### 5.2.13 Rendimento de carcaça e qualidade da carne

Os animais foram abatidos ao final do experimento, em 30 de Janeiro de 2006. As meias carcaças foram identificadas individualmente e pesadas. A soma das duas meias carcaças correspondeu ao peso da carcaça quente (PCQ), conforme relatado por Pereira (2006). Esta medida foi utilizada para obtenção do rendimento de carcaça (RC), em relação ao peso do animal vivo antes do abate (PV), segundo a Equação 5.5.

$$RC = \left( \frac{PCQ}{PV} \right) \times 100 \quad (5.5)$$

Uma hora após o abate foi determinados o pH (pH1h) no músculo *Longissimus dorsi* de cada meia carcaça esquerda, na altura da 12<sup>a</sup> costela, com o auxílio de potenciômetro digital com sondas de penetração da marca Mettler Toledo<sup>®</sup>, modelo 1140. A mesma medida (pH24h) foi tomada no dia seguinte ao abate.

Depois de 24 horas do abate foram mensuradas a área de olho de lombo (AOL), em cm<sup>2</sup>, e a espessura da gordura subcutânea (EGS), em cm, do músculo *Longissimus dorsi*, com o auxílio de gabarito específico para essa finalidade. A referência para a medida da EGS aconteceu em  $\frac{3}{4}$  da distância entre a porção do músculo inserido ao processo transversal da vértebra torácica e a porção lateral da AOL. Foi determinado também o índice de marmorização pelo escore visual subjetivo do *Quality Grade* do USDA (1999).

Na meia carcaça esquerda, na mesma porção do músculo *Longissimus dorsi*, entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas, foram retiradas duas amostras de aproximadamente 2,5 cm de espessura. Em seguida esses bifos foram embalados a vácuo, individualmente, em sacos plásticos específicos para maturação de carnes. Depois de embalados as amostras de bife foram armazenados em câmara frigorífica entre 0 e 1°C, durante 14 dias, para as seguintes análises: força de cisalhamento, perda de peso por cozimento e coloração.

Após o período de maturação específico (14 dias) as amostras foram mantidas em túnel de congelamento à - 25°C até serem transportadas para a Faculdade de

Zootecnia e Engenharia de Alimentos de Pirassununga, onde foram mantidas em freezer à - 18°C até o momento das análises.

Para a análise as amostras foram descongeladas em câmara fria (2°C) por 48 horas. No momento das análises os bifes foram deixados em temperatura de, aproximadamente, 20°C. As análises de maciez, perda de água por exsudação (PAE) e ao cozimento (PAC) e coloração foram realizadas no Laboratório de Carnes da FZEA/USP.

A perda de água por exsudação (PAE) foi calculada com a pesagem do bife (Pbf) e do exsudato (Pex). Os valores foram expressos em porcentagem e calculados pela Equação 5.6.

$$PAE = \left( \frac{P_{ex}}{P_{bf} + P_{ex}} \right) \times 100 \quad (5.6)$$

Para as análises de PAC e maciez procedeu-se o cozimento das amostras de acordo com método descrito por Wheeler; Shackelford e Koohmaraie (2001). Após a pesagem inicial (Pbf<sub>i</sub>), foram inseridos termômetros individuais de perfuração atingindo o centro geométrico das amostras. As mesmas foram colocadas em forno pré-aquecido à temperatura aproximada de 170°C, permanecendo até que a temperatura do centro das amostras atingisse 71°C. Depois de retiradas do forno foram mantidas em temperatura ambiente (20°C) para serem posteriormente pesadas (Pbf<sub>f</sub>).

A perda de água ao cozimento (PAC) foi determinada pela diferença de Pbf<sub>i</sub> e Pbf<sub>f</sub>, expressa em porcentagem e demonstrada na Equação 5.7. Todas as pesagens foram realizadas em balança semi-analítica da marca Marte<sup>®</sup>, modelo AS 2000.

$$PAC = \left( \frac{P_{bf_i} - P_{bf_f}}{P_{bf_i}} \right) \times 100 \quad (5.7)$$

O teste de maciez, também descrito Wheeler; Shackelford e Koohmaraie (2001) foi realizado retirando-se das amostras de bife do músculo *Longissimus dorsi* seis sub-amostras com o auxílio de cilindro de inox de 12,7 mm de diâmetro. O aparelho utilizado

para essas mensurações foi o Warner-Bratzler Shear Force<sup>®</sup>. A medida de maciez de cada amostra de bife foi calculada pela média dos valores das seis sub-amostras.

#### **5.2.14 Comportamento animal**

No dia 16 de Janeiro de 2006 foi iniciada a observação do comportamento dos animais, ocorrendo por 24 horas. As observações iniciaram-se no momento do fornecimento da ração pela manhã, em cada uma das baias e terminaram no mesmo horário, no dia seguinte. Durante o período noturno as luzes da unidade de confinamento foram mantidas apagadas para evitar a alteração do comportamento normal dos animais. Desse modo, as observações durante esse período foram feitas com o auxílio de lanterna.

As anotações foram realizadas para os animais, mas diferentemente do que ocorreu no ensaio anterior (seção 3.2.14), não foi levada em conta a identificação individual do animal. A observação dos animais na baia prevaleceu, como por exemplo, dois animais ruminando e um animal em ócio. As observações foram espaçadas em 10 minutos.

Os parâmetros analisados foram: tempo total de ingestão de alimento, ingestão de água, ruminação e ócio ou sem atividade definida (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002). O tempo total de mastigação foi determinado pelo somatório do tempo de ingestão com o tempo de mastigação (MAEKAWA; BEAUCHEMIN; CHRISTENSEN, 2002 e KONONOFF; HEIRINCHS; LEHMAN, 2003).

O cálculo das atividades comportamentais foi totalizado em minutos por dia, assumindo-se que nos dez minutos seguintes a cada observação o animal permaneceu na mesma atividade.

Para os mesmos parâmetros, foi calculado o tempo relativo às seis primeiras horas após o fornecimento do alimento. Isso teve como objetivo verificar se houve alteração do comportamento dos animais nas primeiras horas, tido como críticas em virtude da possibilidade de maiores teores de compostos voláteis nas silagens, como foi observado por Schmidt et al. (2004).

De posse dos dados de ingestão de MS e FDN verificados no dia da realização de cada avaliação de comportamento, para a média de cada baia, foram calculados os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação (minutos por kg de MS ou FDN).

### **5.2.15 Análises estatísticas utilizadas**

Os dados referentes à composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar experimentais, por se tratarem de medidas repetidas no tempo (semanas), foram analisados pelo procedimento Mixed do SAS (2002). O manejo de retirada das silagens também foi analisado da mesma forma, porém a frequência de observação foi maior (diária). Na Tabela 5.3 estão listadas as matrizes de estrutura de covariância escolhidas para cada uma das variáveis relativas aos volumosos.

As variáveis da composição químico-bromatológica das rações e sobras de ração foram analisadas pelo procedimento GLM do SAS (2002), por se tratarem de delineamento em blocos completos. Também o ensaio de avaliação da temperatura durante a fermentação e de estabilidade aeróbia foi analisado pelo mesmo procedimento acima citado.

Foi utilizado o procedimento Mixed do SAS (2002) para analisar desempenho dos animais, uma vez que se tratou de medidas repetidas no tempo (períodos). As matrizes de estrutura de covariância escolhidas para cada variável estão demonstradas na Tabela 5.4.

Tabela 5.3 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de composição química e manejo de retirada das silagens de cana-de-açúcar

<b>Variável</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Matéria seca	ARH (1)
Matéria mineral	VC
Proteína bruta	VC
FDN	VC
FDA	ARH (1)
Hemicelulose	ARH (1)
Digestibilidade verdadeira <i>in vitro</i> da matéria seca	VC
Carboidratos solúveis em água	VC
Etanol	VC
Ácido lático	ARMA (1,1)
Ácido acético	VC
Ácido propiônico	VC
Ácido butírico	VC
Relação lactato-acetato	TOEP
pH	ARMA (1,1)
Manejo de retirada	AR (1)

As variáveis de estimadas pelo NRC (1996) tais como o valor nutritivo das silagens de cana-de-açúcar, ingestão de MS e ganho de peso médio diário, bem como os cálculos de  $EL_m$  e  $EL_g$  (ZINN; SHEN, 1998, adaptado por PEREIRA, 2005), assim como os parâmetros de comportamento dos animais foram analisadas como delineamento em blocos, seguindo o procedimento GLM do SAS (2002).

Tabela 5.4 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação de variáveis de desempenho dos animais recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos da ração

<b>Variável</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Ganho de peso médio diário	VC
Ingestão de matéria seca	AR (1)
Eficiência alimentar	VC

Para a análise dos parâmetros de abate e de carcaça, também foram testadas matrizes de estrutura de variância. Por se tratarem de medidas individuais os animais dentro da baia foram considerados como as sub-parcelas. As matrizes escolhidas para cada um dos parâmetros analisados estão listadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Matrizes de estrutura da covariância escolhidas para avaliação das parâmetros de abate e de carcaça dos animais recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos da ração

<b>Parâmetros</b>	<b>Matriz escolhida</b>
Peso final dos animais	ARH (1)
Peso da carcaça quente	HF
Rendimento de carcaça	VC
Medida do pH após 1 hora do abate	ARMA (1,1)
Medida do pH após 24 horas do abate	VC
Área de olho de lombo	ARMA (1,1)
Espessura da gordura subcutânea	ARMA (1,1)
Perda de água ao cozimento	VC
Perda de água por exsudação	ARH (1)
Força de cisalhamento	ARMA (1,1)

Para efeito de comparação de médias em todos os modelos estatísticos utilizados, tanto no procedimento Mixed, quanto no procedimento GLM, ambos do SAS



(2002), foi utilizado o teste de média dos quadrados mínimos (LS MEANS), com nível de significância de 5 %.

### **5.3 Resultados**

#### **5.3.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas e manejo de retirada das silagens de cana-de-açúcar**

Na Tabela 5.6 estão demonstrados os resultados da composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano.

Houve efeito da semana ( $P = 0,0432$ ) de amostragem para o teor de FDN das silagens de cana-de-açúcar. Apesar do efeito evidenciado, a causa para essa variação é de pequena importância biológica.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0134$ ) sobre o teor de MS das silagens. O maior teor foi verificado no tratamento CL (36,15%), enquanto o menor foi observado no tratamento CT (31,70%). Os tratamentos LB e CC apresentaram teores de 33,96 e 33,98%, respectivamente.

Foi verificado efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) também para o teor de MM. Os maiores teores foram de 6,24 e 5,87% MS (CL e CC, respectivamente), diferenciando dos tratamentos CT (3,18% MS) e LB (2,93% MS), que apresentaram os menores teores entre os quatro tratamentos avaliados.

Não foi verificado efeito de tratamento ( $P = 0,1500$ ) para a variável PB, sendo a média dos tratamentos 3,33% MS.

Para a variável FDN foi verificado efeito de tratamento ( $P = 0,0031$ ), sendo que o único tratamento que se diferenciou dos demais foi o controle (61,92% MS). Os tratamentos LB, CL e CC apresentaram teores de FDN de 58,45; 57,18 e 57,69%, respectivamente.

O teor FDA apresentou efeito de tratamento ( $P = 0,0047$ ). Assim, como observado para o FDN, foi maior para o tratamento CT (39,01% MS) e menor para os demais tratamentos, com teores próximos dos 37% da MS.

Houve efeito de tratamento ( $P < 0,0001$ ) com relação ao teor de hemicelulose. O maior teor de HEM foi encontrado na silagem CT ( 22,91% MS) e o menor foi de 19,48% MS (tratamento CL). Os tratamentos LB (21,01% MS) e CC (19,87% MS) apresentaram teores intermediários de HEM e não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 5.6 – Composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar utilizadas no estudo de desempenho de bovinos

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
MS, %	31,70 <sup>C</sup>	33,96 <sup>B</sup>	36,15 <sup>A</sup>	33,98 <sup>B</sup>	33,95	0,299
MM, % MS	3,18 <sup>B</sup>	2,93 <sup>B</sup>	6,24 <sup>A</sup>	5,87 <sup>A</sup>	4,56	0,278
PB, % MS	3,43	3,62	3,09	3,19	3,33	0,171
FDN, % MS	61,92 <sup>A</sup>	58,45 <sup>B</sup>	57,18 <sup>B</sup>	57,69 <sup>B</sup>	58,81	0,890
FDA, % MS	39,01 <sup>A</sup>	37,44 <sup>B</sup>	37,70 <sup>B</sup>	37,82 <sup>B</sup>	37,99	0,254
HEM, % MS	22,91 <sup>A</sup>	21,01 <sup>B</sup>	19,48 <sup>C</sup>	19,87 <sup>B</sup>	20,82	0,309
DVIVMS, %	52,14 <sup>C</sup>	54,97 <sup>AB</sup>	55,65 <sup>A</sup>	53,02 <sup>BC</sup>	53,95	0,646
CHO's, % MS	13,21	15,83	19,98	13,35	15,59	2,127
EtOH, % MS	0,16 <sup>B</sup>	0,31 <sup>AB</sup>	0,16 <sup>B</sup>	0,47 <sup>A</sup>	0,28	0,057
Ác. láctico, % MS	3,01 <sup>A</sup>	1,12 <sup>B</sup>	3,37 <sup>A</sup>	1,01 <sup>B</sup>	2,13	0,299
C2, % MS	4,49 <sup>A</sup>	4,11 <sup>AB</sup>	2,64 <sup>B</sup>	4,77 <sup>A</sup>	4,00	0,412
C4, % MS	0,49 <sup>B</sup>	0,19 <sup>B</sup>	1,48 <sup>A</sup>	0,28 <sup>B</sup>	0,61	0,156
Lac/Ace <sup>6</sup>	0,59 <sup>B</sup>	0,38 <sup>B</sup>	1,62 <sup>A</sup>	0,24 <sup>B</sup>	0,71	5,819
pH	4,03 <sup>B</sup>	3,42 <sup>C</sup>	4,30 <sup>A</sup>	3,45 <sup>C</sup>	3,80	0,062

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média; <sup>6</sup> Lac/Ace – Relação lactato-acetato.

O coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS diferenciou-se entre os tratamentos ( $P = 0,0017$ ). A amplitude desses coeficientes ficou entre 55,65% (CL) e 52,14% (CT). O tratamento LB apresentou o segundo maior coeficiente de DVIVMS com 54,97% e o tratamento CC alcançou valor médio de 53,02%.

Não houve diferença entre os tratamentos ( $P = 0,1070$ ) com relação ao teor de CHO's, sendo a média geral entre os tratamentos de 15,59% MS.

O teor de etanol nas silagens se diferenciou e apresentou efeito dos tratamentos ( $P = 0,0011$ ) aplicados à forragem pré-ensilagem. O valor extremo superior foi observado no tratamento CC (0,47% MS) e o inferior nos tratamentos CT e CL (0,16% MS).

O tratamento a que a forragem foi submetida atuou de forma significativa ( $P < 0,0001$ ) sobre o teor de ácido láctico das silagens. Os maiores teores desse ácido foram verificados nos tratamentos CT (3,01% MS) e CL (3,37% MS), enquanto os menores foram determinados nos tratamentos, LB (1,12% MS) e CC (1,01% MS).

Houve efeito de tratamento ( $P = 0,0049$ ) sobre o teor de ácido acético das silagens de cana-de-açúcar. Os menores teores foram observados na silagem aditivada com cal virgem (2,64% MS) e os maiores foram verificados nos tratamentos CT (4,49% MS) e CC (4,77% MS). Os teores intermediários foram observados no tratamento LB (4,11% MS), valor este que não se diferenciou dos extremos mencionados acima.

O teor de ácido butírico apresentou efeito do tratamento imposto às forragens ( $P < 0,0001$ ). O maior teor foi verificado no tratamento CL (1,48% MS), o que o diferenciou dos demais tratamentos que apresentaram menos de 0,5% de ácido butírico em função da base seca das amostras.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0482$ ) aplicado à cana-de-açúcar ensilada sobre a relação lactato-acetato. A maior relação encontrada foi de 1,62 (CL) e esta se diferenciou das observadas nos demais tratamentos.

O pH foi afetado pelo tratamento ( $P < 0,0001$ ) imposto às canas-de-açúcar para a confecção das silagens. Os valores variaram de 3,42 (tratamento LB) a 4,30 (tratamento CL), este por sua vez não se diferenciou do valor encontrado no tratamento CC (3,45). O tratamento CT apresentou valores intermediários de pH (4,03) diferenciando-se de todos os demais.

O tamanho médio de partículas e o manejo de retirada das silagens de cana-de-açúcar utilizadas como parte da ração estão apresentados na Tabela 5.7. O tamanho médio de partículas limitou-se à análise estatística descritiva, sem a comparação das médias.

Tabela 5.7 – Tamanho médio de partículas (TMP) dos volumosos e manejo de retirada (% de silagem satisfatória para o fornecimento) de silagens de cana-de-açúcar

Variável	Tratamento			
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>
TMP, mm	10,23	10,17	10,13	10,49
Silagem satisfatória, %	86,96	84,70	86,19	86,54

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>.

Não foi verificado efeito do tratamento ( $P = 0,3247$ ) para o manejo de retirada das silagens de cana-de-açúcar. Os quatro tratamentos apresentaram entre 84,70 e 86,96% de silagem satisfatória para o fornecimento retirada por dia.

### 5.3.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações

Estão apresentados na Tabela 5.8 os resultados da análise químico-bromatológica das rações fornecidas aos animais durante o período experimental.

Pôde-se observar que houve efeito de tratamento ( $P = 0,0003$ ) para a variável MS. O tratamento CT foi o único a se diferenciar dos demais e apresentou o teor de MS mais baixo entre as rações experimentais com 50,66%. Os tratamentos LB, CL e CC apresentaram, respectivamente, 52,98; 54,16 e 53,59% de MS.

O teor de MM também apresentou efeito do tratamento ( $P < 0,0001$ ) aplicado à forragem. A adição de produtos químicos alcalinizantes elevou o teor de MM nos tratamentos CL (8,02% MS) e CC (7,59% MS), diferenciando-se entre si. Os tratamentos CT e LB apresentaram os menores teores de MM com 6,25 e 6,11% MS, respectivamente.

Não foi verificado efeito do tratamento ( $P = 0,7152$ ) sobre o teor de PB das rações experimentais contendo cana-de-açúcar ensilada. Os teores desse nutriente variaram entre 13,98 (LB) e 14,22% MS (CT), com média geral dos tratamentos de 14,12% MS.

Tabela 5.8 – Composição químico-bromatológica média das rações contendo silagens de cana-de-açúcar e utilizadas para a alimentação de bovinos de corte

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
MS, %	50,66 <sup>B</sup>	52,98 <sup>A</sup>	54,16 <sup>A</sup>	53,59 <sup>A</sup>	52,85	0,413
MM, % MS	6,25 <sup>C</sup>	6,11 <sup>C</sup>	8,02 <sup>A</sup>	7,59 <sup>B</sup>	6,99	0,068
PB, % MS	14,22	13,98	14,21	14,08	14,12	0,170
FDN, % MS	42,43 <sup>A</sup>	40,92 <sup>B</sup>	39,19 <sup>C</sup>	39,94 <sup>C</sup>	40,62	0,284
FDA, % MS	26,98 <sup>A</sup>	26,18 <sup>B</sup>	26,18 <sup>B</sup>	26,11 <sup>B</sup>	26,36	0,143
HEM, % MS	15,45 <sup>A</sup>	14,74 <sup>B</sup>	13,01 <sup>D</sup>	12,83 <sup>C</sup>	14,26	0,162
DVIVMS, %	68,26 <sup>C</sup>	69,01 <sup>B</sup>	69,93 <sup>A</sup>	68,70 <sup>BC</sup>	68,97	0,193

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Houve efeito do tratamento ( $P < 0,0001$ ) para a variável FDN das rações. A amplitude de variação situou-se entre 39,19 (CL) e 42,43% MS (CT), sendo o tratamento LB com teor intermediário (40,92% MS) e o tratamento CC não diferente do valor observado no tratamento CL, com 39,94% de FDN com base na MS.

Foi verificado que o teor de FDA foi alterado pelo tratamento ( $P = 0,0029$ ). O tratamento CT apresentou maior valor de FDA (26,98% MS) e foi o único tratamento que se diferenciou dos demais, que apresentaram 26,18% MS (tratamentos LB e CL) e 26,11% MS (tratamento CC).

O teor de hemicelulose foi diferente em todos os tratamentos ( $P < 0,0001$ ). O maior valor de HEM foi encontrado no tratamento CT (15,45% MS), seguido pelo tratamento LB (14,74% MS), depois seguiu-se o tratamento CL (13,01% MS) e o menor teor de HEM foi detectado no tratamento CC, com 12,83% da MS.

Foi observado efeito do tratamento ( $P = 0,0004$ ) aplicado à forragem sobre a digestibilidade verdadeira *in vitro* da MS das rações. O coeficiente de DVIVMS variou entre 68,26% (tratamento CT) e 69,93% (tratamento CL), com o tratamento LB diferenciando-se dos dois e apresentando 69,01% de DVIVMS. O tratamento CC

apresentou coeficiente de DVIVMS de 68,70%, porém semelhante estatisticamente aos tratamentos CT e LB.

Na Tabela 5.9 estão apresentados os resultados médios da composição químico-bromatológica das sobras de rações.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0285$ ) sobre o teor de MS das sobras de rações. Os maiores teores foram observados nos tratamentos CL (56,89%) e CC (56,50%) e os menores foram obtidos no tratamento CT (53,67%), sendo que o tratamento LB não se diferenciou de nenhum dos acima mencionados e apresentou teor médio de 55,13% de MS.

Tabela 5.9 – Composição químico-bromatológica média das sobras de rações contendo silagens de cana-de-açúcar e utilizadas para a alimentação de bovinos de corte

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
MS, %	53,67 <sup>B</sup>	55,13 <sup>AB</sup>	56,89 <sup>A</sup>	56,50 <sup>A</sup>	55,55	0,706
MM, % MS	5,68 <sup>B</sup>	6,25 <sup>B</sup>	7,38 <sup>A</sup>	7,28 <sup>A</sup>	6,65	0,331
PB, % MS	12,28	14,02	11,01	12,41	12,43	0,997
FDN, % MS	48,30	41,34	49,35	46,29	46,32	2,587
FDA, % MS	30,08	26,09	32,08	29,36	29,40	1,550
HEM, % MS	18,22	15,25	17,27	16,93	16,92	1,044
DVIVMS, %	64,53	69,28	63,23	64,78	65,46	1,941

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Os teores de MM também sofreram efeito do tratamento ( $P = 0,0086$ ). Os tratamentos com aditivos químicos, CL e CC, apresentaram os maiores teores de matéria mineral (7,38 e 7,28% da MS, respectivamente). Estes diferiram do tratamento CT com 5,68 e LB com 6,25% de MM na MS.

Não houve efeito do tratamento para as demais variáveis: PB ( $P = 0,2575$ ), FDN ( $P = 0,1853$ ), FDA ( $P = 0,1020$ ), HEM ( $P = 0,2902$ ) e DVIVMS ( $P = 0,1923$ ). Os valores médios dos tratamentos apresentados para essas variáveis foram: 12,43% de PB na MS, 46,32% de FDN na MS, 29,40% de FDA na MS, 16,92% de HEM na MS e 65,46% de DVIVMS.

### 5.3.3 Avaliação da temperatura da massa de forragem durante a ensilagem e estabilidade aeróbia

Estão apresentados na Tabela 5.10 os parâmetros: perdas totais de matéria seca durante a fermentação, temperatura máxima atingida e horas para que essa temperatura fosse atingida durante a fermentação da cana-de-açúcar.

Tabela 5.10 – Perdas totais de matéria seca (PMSF), temperatura máxima (TmaxF) e tempo para que a máxima temperatura fosse atingida (HTmaxF) durante a fermentação de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Parâmetro	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
PMSF, %	3,39 <sup>A</sup>	3,17 <sup>A</sup>	1,94 <sup>B</sup>	1,85 <sup>B</sup>	2,59	0,124
TmaxF, °C	23,8 <sup>B</sup>	25,4 <sup>B</sup>	28,9 <sup>A</sup>	25,6 <sup>B</sup>	26,6	0,30
HTmaxF, h	36 <sup>B</sup>	490 <sup>A</sup>	20 <sup>B</sup>	555 <sup>A</sup>	271	32,3

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0002$ ) aplicado às forragens sobre as perdas totais de MS das silagens. Os tratamentos CT e LB apresentaram mais de 3,0% de perdas totais, enquanto que as silagens aditivadas com agentes químicos alcalinizantes não apresentaram perdas superiores a 2,0% da MS total ensilada.

O tratamento também foi efetivo ( $P = 0,0179$ ) na temperatura máxima atingida pela massa durante a ensilagem. A maior temperatura foi atingida pelo tratamento contendo silagem adicionada de cal virgem ( $28,9^{\circ}\text{C}$ ). Os demais tratamentos não se diferenciaram entre si e atingiram temperaturas entre  $23,8$  e  $25,6^{\circ}\text{C}$ .

O tempo necessário para que essa temperatura máxima fosse atingida variou ( $P = 0,0112$ ) entre os tratamentos. As temperaturas máximas não foram diferentes entre os tratamentos CC (555 horas) e LB (490 horas), porém levaram mais tempo que os tratamentos CT e CL que apresentaram temperaturas máximas com 36 e 20 horas, respectivamente.

Na Tabela 5.11 estão demonstrados os parâmetros relacionados ao ensaio de estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar provenientes do ensaio fermentativo, cujos resultados foram descritos acima.

Não houve efeito do tratamento ( $P = 0,1785$ ) sobre a máxima temperatura atingida pelas forragens submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia. Na média dos tratamentos a temperatura máxima atingida foi de  $39,6^{\circ}\text{C}$ .

Entretanto, o tempo necessário para que o pico de temperatura fosse atingido variou entre os tratamentos ( $P = 0,0012$ ). A amplitude de tempo para que a máxima temperatura fosse atingida variou entre 140 (tratamento CL) e 72 horas (tratamento CT).

O tempo de estabilidade mensurado como aquele necessário para que a temperatura da massa excedesse em  $2^{\circ}\text{C}$  a temperatura do ambiente, foi diferente entre os tratamentos ( $P = 0,0011$ ). O único tratamento a se diferenciar dos demais foi o CL, que permaneceu estável por tempo superior aos demais, apresentando 95 horas, em média, para que a massa de forragem atingisse  $2^{\circ}\text{C}$  acima da temperatura do ambiente.

Houve efeito de tratamento ( $P = 0,0002$ ) com relação ao pH máximo atingido pelas silagens de cana-de-açúcar submetidas ao ensaio de estabilidade aeróbia. Os tratamentos aditivados com agentes químicos, CL e CC apresentaram os maiores valores de pH máximos (7,80) e foram diferentes daqueles encontrados nos tratamentos CT e LB, cujos valores variaram de 5,66 e 5,84, respectivamente.



O número de dias necessários para que o pH máximo fosse atingido não apresentou efeito do tratamento ( $P = 0,5293$ ) e 9,1 dias foi o tempo médio para que o pH máximo fosse atingido.

Houve efeito do tratamento ( $P = 0,0133$ ) sobre o somatório da diferença entre a temperatura da massa e do ambiente durante os cinco primeiros dias em estabilidade aeróbia (ADITE-5). Os tratamentos CL ( $92^{\circ}\text{C}$ ) e LB ( $369^{\circ}\text{C}$ ) apresentaram os menores valores de ADITE-5. Esses se diferenciaram dos tratamentos CT ( $776^{\circ}\text{C}$ ) e CC ( $764^{\circ}\text{C}$ ) que apresentaram os maiores valores de ADITE-5.

Tabela 5.11 – Parâmetros de estabilidade aeróbia avaliados em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Parâmetro	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
Tmax, °C	39,8	38,8	38,5	41,0	39,6	0,71
HTmax, h	72 <sup>B</sup>	119 <sup>A</sup>	140 <sup>A</sup>	82 <sup>B</sup>	103	5,6
H2°C, h	51 <sup>B</sup>	65 <sup>B</sup>	95 <sup>A</sup>	56 <sup>B</sup>	67	3,5
pHmax	5,66 <sup>B</sup>	5,84 <sup>B</sup>	7,80 <sup>A</sup>	7,80 <sup>A</sup>	6,78	0,179
DpHmax, dia	9,7	9,3	8,7	8,7	9,1	0,55
ADITE-5, °C	776 <sup>A</sup>	369 <sup>B</sup>	92 <sup>B</sup>	764 <sup>A</sup>	500	112,4
ADITE-10, °C	1537	989	1137	1351	1254	294,7
PMS0-5, %	11,70 <sup>A</sup>	11,28 <sup>A</sup>	5,30 <sup>B</sup>	10,24 <sup>A</sup>	9,63	0,539
PMS0-10, %	18,27 <sup>A</sup>	17,58 <sup>AB</sup>	12,83 <sup>C</sup>	15,85 <sup>B</sup>	16,13	0,669

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Por outro lado, o somatório da mesma diferença entre as temperaturas da massa de forragem e do ambiente, porém com 10 dias de avaliação (ADITE-10) não apresentou efeito do tratamento ( $P = 0,6027$ ). O valor médio dos tratamentos para o parâmetro ADITE-10 foi  $1254^{\circ}\text{C}$ .

As perdas de MS durante os cinco primeiros dias de estabilidade aeróbia (PMS0-5) apresentaram efeito do tratamento ( $P = 0,0005$ ). As menores perdas foram verificadas no tratamento CL (5,30%), sendo que os demais tratamentos apresentaram perdas de MS superiores a 10%, não se diferenciando entre si.

Também houve efeito do tratamento ( $P = 0,0048$ ) nas perdas de MS quando analisadas até décimo dia de estabilidade aeróbia (PMS0-10). Da mesma forma que no parâmetro anterior, também até o décimo dia de exposição ao ar, o tratamento CL apresentou as menores perdas (12,83%). As maiores perdas foram observadas no tratamento CT (18,27%).

### 5.3.4 Desempenho de animais

Está demonstrado na Tabela 5.12 o efeito do período experimental sobre o ganho de peso médio diário, a ingestão de matéria seca e a eficiência alimentar.

Tabela 5.12 – Efeito do período experimental sobre o ganho de peso médio diário (GPD), ingestão de MS (IMS) e a eficiência alimentar (EA) de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar ensilada

Variável	Período experimental			Média	EPM <sup>1</sup>
	I	II	III		
GPD, kg	1,234 <sup>A</sup>	1,032 <sup>B</sup>	0,918 <sup>B</sup>	1,061	0,0497
IMS, kg/dia	9,24	9,94	10,40	9,86	0,305
EA, kg GPD/kg IMS	0,133 <sup>A</sup>	0,104 <sup>B</sup>	0,088 <sup>C</sup>	0,108	0,0043

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey-Kramer.

Nota: <sup>1</sup> EPM – Erro padrão da média.

Como pode ser observado na Tabela, houve efeito do período experimental ( $P < 0,0001$ ) sobre o GPD. O ganho de peso médio foi maior no primeiro período (1,234 kg) e não se diferenciou nos demais.

Houve efeito de período ( $P < 0,0001$ ) com relação à eficiência alimentar dos animais recebendo rações que continham como volumosos as silagens de cana-de-

açúcar. A eficiência foi decrescente entre os períodos experimentais, variando entre 0,133 (período I) até 0,088 kg GPD/kg IMS (período III).

O efeito isolado do período experimental foi testado e os resultados estão demonstrados na Tabela 5.13. Houve efeito de tratamento ( $P = 0,0201$ ) com relação ao GPD dos animais que receberam as rações experimentais contendo silagens de cana-de-açúcar. Os tratamentos CT (1,161 kg) e LB (1,122 kg) apresentaram maiores GPD que os tratamentos contendo silagens aditivadas com agentes químicos alcalinizantes. O tratamento CL apresentou ganhos médios diários de 0,973 kg e o tratamento CC o ganho foi de 0,989 kg/dia.

Tabela 5.13 – Efeito do tratamento aplicado à forragem sobre as variáveis de desempenho animal de tourinhos *three-cross* recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos da ração

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
GPD, kg	1,161 <sup>A</sup>	1,122 <sup>A</sup>	0,973 <sup>B</sup>	0,989 <sup>B</sup>	1,061	0,0497
IMS, kg/dia	10,31	9,73	9,82	9,59	9,86	0,354
IMS, % PV/dia	2,01	1,89	1,94	1,90	1,94	0,036
EA, kg GPD/kg IMS	0,114 <sup>A</sup>	0,117 <sup>A</sup>	0,100 <sup>B</sup>	0,103 <sup>A</sup>	0,109	0,0049

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

A ingestão de MS, tanto mensurada em kg ingerido por dia, quanto em porcentagem do PV ingerido por dia não apresentou efeito isolado do tratamento ( $P = 0,1472$  e  $P = 0,1047$ , respectivamente). A IMS média dos tratamentos foi de 9,86 kg MS ingerida/dia ou 1,94% PV ingerido/dia.

Foi verificado efeito do tratamento ( $P = 0,0301$ ) aplicado à forragem sobre a eficiência alimentar dos animais que receberam as rações contendo silagens de cana-de-açúcar. O único tratamento a se diferenciar dos demais foi aquele contendo silagem de cana-de-açúcar adicionada de cal virgem, o qual resultou em menor eficiência alimentar (0,100 kg GPD/kg MS ingerida).

Os desdobramentos das interações dos efeitos de tratamento e período estão apresentados na Tabela 5.14. As variáveis desdobradas corresponderam às ingestões de MS mensuradas das duas formas nas quais o efeito da interação foi verificado, em kg MS ingerida por dia ( $P = 0,0006$ ) ou em relação à porcentagem do PV ingerido por dia ( $P = 0,0004$ ).

Tabela 5.14 – Desdobramento de interações para a ingestão de matéria seca da ração pelo animais

Período	Tratamento				Média	EPM <sup>4</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
IMS, kg/dia						
I	9,68 <sup>Ab</sup>	9,22 <sup>Ab</sup>	9,09 <sup>Ac</sup>	8,97 <sup>Ab</sup>	9,24	0,305
II	10,62 <sup>Aa</sup>	9,60 <sup>Bb</sup>	9,84 <sup>ABb</sup>	9,64 <sup>ABa</sup>	9,94	0,305
III	10,60 <sup>Aa</sup>	10,36 <sup>Aa</sup>	10,53 <sup>Aa</sup>	10,11 <sup>Aa</sup>	10,40	0,305
Média	10,31	9,73	9,82	9,59	-	-
EPM	0,354	0,354	0,354	0,354	-	-
IMS, % PV/dia						
I	2,01 <sup>Aab</sup>	1,91 <sup>Aa</sup>	1,89 <sup>Aa</sup>	1,88 <sup>Aa</sup>	1,92	0,020
II	2,07 <sup>Aa</sup>	1,86 <sup>Ba</sup>	1,94 <sup>ABa</sup>	1,92 <sup>ABa</sup>	1,95	0,020
III	1,96 <sup>Ab</sup>	1,91 <sup>Aa</sup>	1,99 <sup>Aa</sup>	1,91 <sup>Aa</sup>	1,94	0,020
Média	2,01	1,89	1,94	1,90	-	-
EPM	0,036	0,036	0,036	0,036	-	-

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> FR – cana-de-açúcar fresca picada; <sup>4</sup> EPM – Erro padrão da média.

Com relação à quantidade de MS ingerida por dia, dentro dos períodos, o primeiro e o terceiro não apresentaram efeito do tratamento, todavia, a IMS no segundo período experimental do tratamento CT (10,62 kg/dia) foi maior que no tratamento LB (9,60 kg/dia), sendo que nos demais foram semelhantes entre todos. Isolando-se o efeito do tratamento, no tratamento CT e CC o período I obteve menor ingestão em relação aos períodos II e III. No tratamento LB a ingestão foi inalterada entre os

períodos I e II e diferenciaram-se daquela determinada no tratamento III, enquanto que no tratamento CL a ingestão foi crescente entre os períodos.

Relativamente à mensuração da média diária de IMS como percentual do PV ingerido e desdobrando-se o efeito de tratamento, dentro dos períodos, nos períodos I e III não foi verificado efeito de tratamento, enquanto no período II o tratamento CT apresentou maior IMS e o tratamento LB a menor, sendo que os demais não se diferenciaram dentre esses. Dentro dos tratamentos o efeito do período foi observado somente no tratamento CT, cuja ingestão média foi maior no período II e menor no período III, sendo este igual à ingestão no período I. Dentro dos demais tratamentos (LB, CL e CC) não foram verificados efeitos de período.

### **5.3.5 Predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT das silagens de cana-de-açúcar**

As medidas de desempenho animal estimadas e observadas, bem como o cálculo do valor energético dos volumosos estão apresentados na Tabela 5.15. Os valores estimados foram calculados com o auxílio do *software* NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996), de maneira que os ganhos de peso estimados pelo programa fossem iguais aos ganhos observados. Para isso, fixou-se a ingestão percentual de cada ingrediente da ração.

Os efeitos de bloco verificados para a IMS observada ( $P = 0,0015$ ), IMS estimada ( $P = 0,0039$ ) e relação  $IMS_{ob}:IMS_{est}$  ( $P = 0,0095$ ) confundiu-se com o efeito do peso vivo inicial dos animais e não foi possível estabelecer uma relação funcional. As demais variáveis não apresentaram efeito de bloco ( $P > 0,05$ ).

Foi verificado efeito de tratamento ( $P = 0,0228$ ) para o GPD observado para os animais recebendo as rações contendo diferentes silagens de cana-de-açúcar. Os maiores ganhos foram obtidos nos tratamentos CT (1,16 kg/dia) e LB (1,13 kg/dia). Os tratamentos CL e CC ganharam menos de 1,00 kg/dia e se diferenciaram dos primeiros.

Com base nas ingestões de MS observadas em cada uma das baias, procedeu-se os cálculos de GPD estimados pelo programa NRC (1996) e foi verificado que esses

ganhos teóricos (estimados) não se diferenciaram ( $P = 0,2117$ ) entre os tratamentos, apresentando média geral de 0,93 kg/dia.

Tabela 5.15 – Desempenho animal de bovinos de corte e valores energéticos estimados em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano, por meio de simulação realizada pelo programa NRC (1996)

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
GPD observado, kg	1,16 <sup>A</sup>	1,13 <sup>A</sup>	0,98 <sup>B</sup>	0,99 <sup>B</sup>	1,06	0,044
GPD estimado, kg	0,97	0,92	0,96	0,87	0,93	0,034
Rel. GPDob:GPDest	1,20 <sup>A</sup>	1,23 <sup>A</sup>	1,01 <sup>B</sup>	1,13 <sup>AB</sup>	1,14	0,043
IMS observada, kg/dia	10,30	9,72	9,81	9,59	9,86	0,208
IMS estimada, kg/dia	10,57	10,62	10,51	10,62	10,58	0,075
Rel. IMSob:IMSest	0,98	0,92	0,93	0,90	0,93	0,021
NDT est. forragem, % MS	62,30 <sup>AB</sup>	66,60 <sup>A</sup>	56,20 <sup>B</sup>	58,90 <sup>B</sup>	61,00	2,139

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Dados os GPD observados e estimados foram calculadas as relações entre os valores observados e estimados e verificou-se que houve efeito de tratamento ( $P = 0,0159$ ) para essas relações que também podem ser observadas na Figura 5.1. A relação GPDob:GPDest foi menor e mais próxima de 1,00 no tratamento CL (1,01). As maiores relações GPDob:GPDest foram verificadas nos tratamentos CT (1,20) e LB (1,23), com o tratamento CC apresentando valor dessa relação intermediário e sem se diferenciar de nenhum dos demais tratamentos.

Observa-se na Figura 5.1 que a média dos valores de GPD observados para os animais estiveram acima daqueles estimados pelo NRC (1996) para todos os tratamentos avaliados.

Foi verificado que não houve efeito do tratamento ( $P = 0,1317$ ) aplicado à forragem que deu origem as rações experimentais com relação à quantidade diária de MS ingerida, no que se referiu aos valores observados. A média geral de IMS foi de 9,86 kg/dia.

Também não foi observado efeito do tratamento ( $P = 0,7105$ ) sobre o valor de IMS estimado pelo NRC (1996) para que se atingissem os desempenhos observados. Os tratamentos apresentaram média estimada de IMS de 10,58 kg de MS/dia.

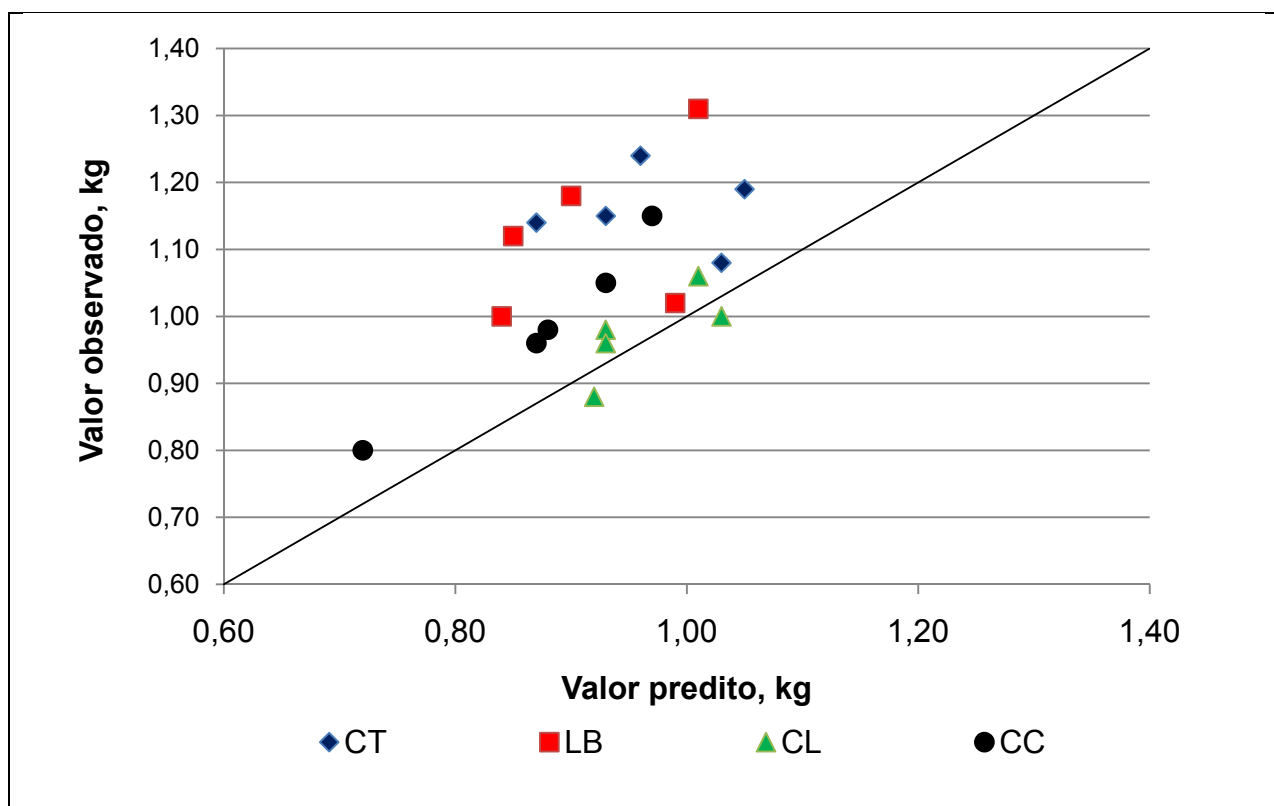


Figura 5.1 – Valores de GPD (kg) estimados pelo NRC (1996) e observados em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

A relação entre os valores de IMS observados e estimados pelo NRC (1996) também podem ser verificados na Figura 5.2. Verificou-se valores estimados sempre superiores aos observados, porém sem se diferenciarem entre os tratamentos impostos, com média dos tratamentos de 0,93.

Ainda é possível se verificar que na variável NDT estimado dos volumosos foi detectado efeito de tratamento ( $P = 0,0262$ ). Para que os ganhos observados fossem atingidos os valores de NDT dos volumosos precisariam ser aqueles demonstrados na Tabela 5.15. O valor estimado de NDT da silagem aditivada com *L. buchneri* apresentaria o maior valor energético 66,60% de NDT na MS e as silagens adicionadas de agentes químicos alcalinizantes apresentariam os menores valores energéticos. A silagem de cana-de-açúcar controle teoricamente apresentaria valor de NDT intermediário e sem se diferenciar de todas as demais.

A relação entre as IMS observadas e estimadas estão apresentadas também na Figura 5.2 e é possível observar que o NRC (1996) superestimou as ingestões de ração de todos os tratamentos.

Na Tabela 5.16 estão apresentados os cálculos de  $EL_m$  e  $EL_g$ , tanto os observados e baseados nas fórmulas descritas por Zinn e Shen (1998), adaptadas por Pereira (2005), quanto aqueles oriundos de estimativas calculadas pelo *software* NRC (1996). Os valores de EL, tanto de manutenção, quanto de ganho estimados pelo programa foram únicos e, portanto, não possibilitaram análise estatística com comparação de médias.

Não foram verificados efeitos de bloco para nenhuma das variáveis da Tabela 5.16. Todavia, houve efeito de tratamento ( $P = 0,0215$ ) para a  $EL_m$  observada. O tratamento LB apresentou maior  $EL_m$  observada (1,81 Mcal/kg) e os tratamentos CL (1,66 Mcal/kg) e CC (1,70 Mcal/kg) apresentaram os menores valores.



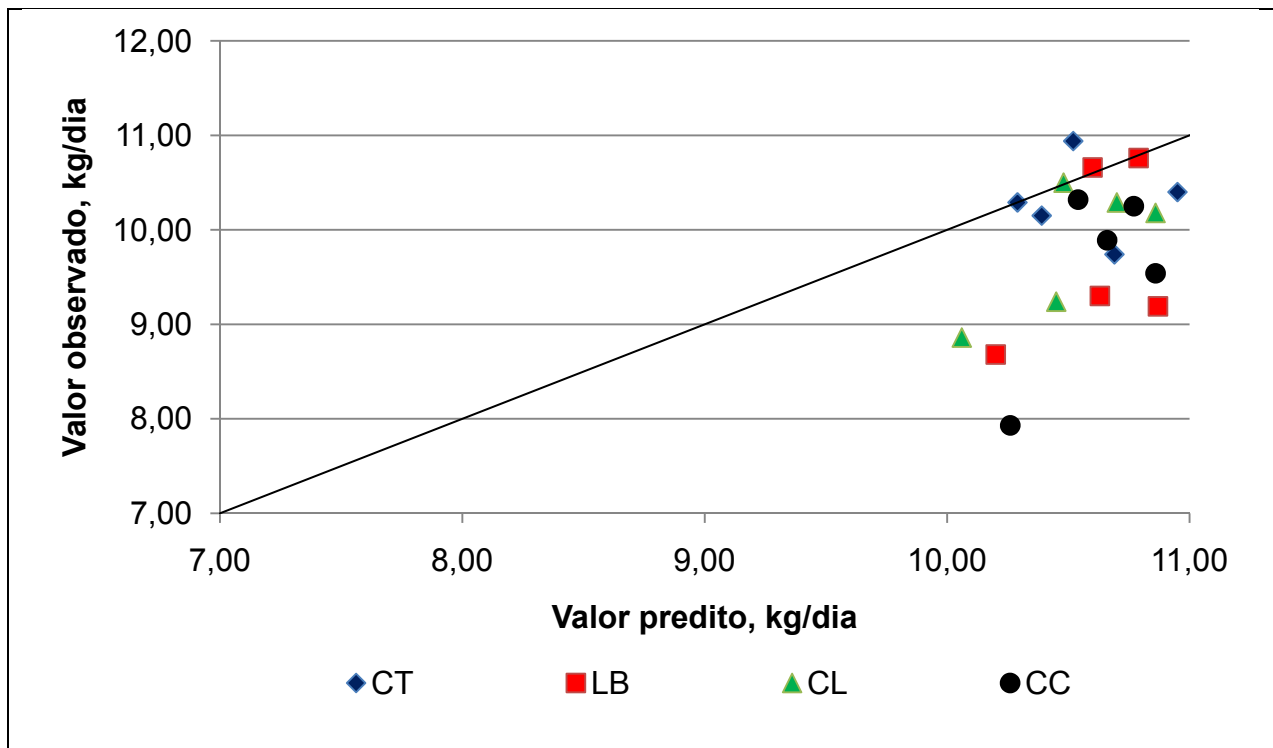


Figura 5.2 – Valores de IMS (kg/dia) estimados pelo NRC (1996) e observados em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Para a variável  $EL_g$  também foi observado efeito de tratamento ( $P = 0,0283$ ). A amplitude dos valores situou-se entre 1,04 Mcal/kg MS (tratamento CL) e 1,18 Mcal/kg MS (tratamento LB).

Foi observado efeito de tratamento ( $P = 0,0165$ ) para a relação entre os valores observados e estimados de  $EL_m$ . A menor relação da  $EL_m$  foi encontrada no tratamento CL (0,94), as maiores foram determinadas nos tratamentos CT (1,02) e LB (1,03), sendo que o tratamento CC não apresentou diferença dos demais tratamentos citados anteriormente. Os valores de  $EL_m$  estimados foram muito próximos dos valores realmente observados.

Tabela 5.16 – Valores de energia líquida (EL) observadas e estimadas das rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
Valores observados <sup>6</sup>						
EL <sub>m</sub> , Mcal/kg	1,75 <sup>AB</sup>	1,81 <sup>A</sup>	1,66 <sup>B</sup>	1,70 <sup>B</sup>	1,73	0,030
EL <sub>g</sub> , Mcal/kg	1,12 <sup>AB</sup>	1,18 <sup>A</sup>	1,04 <sup>B</sup>	1,08 <sup>B</sup>	1,11	0,026
Valores estimados <sup>7</sup>						
EL <sub>m</sub> , Mcal/kg	1,72	1,76	1,77	1,73	1,75	-
EL <sub>g</sub> , Mcal/kg	0,95	0,98	0,99	0,96	0,97	-
Relação valores observados : valores estimados						
EL <sub>m</sub>	1,02 <sup>A</sup>	1,03 <sup>A</sup>	0,94 <sup>B</sup>	0,98 <sup>AB</sup>	0,99	0,017
EL <sub>g</sub>	1,18 <sup>A</sup>	1,20 <sup>A</sup>	1,05 <sup>B</sup>	1,13 <sup>AB</sup>	1,14	0,027

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Pdiff.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média; <sup>6</sup> Valores determinados por meio das equações de Zinn e Shen (1998), adaptadas por Pereira (2005), <sup>7</sup> Valores obtidos pelo software NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996) para DOS<sup>®</sup>.

Para as relações existentes entre os valores observados e estimados da EL para ganho também se verificou efeito de tratamento ( $P = 0,0135$ ). Da mesma maneira, os tratamentos CT (1,18) e LB (1,20) apresentaram as maiores relações entre as EL<sub>g</sub> observadas e estimadas. O tratamento CL apresentou a menor relação entre os tratamentos, porém mais próximo de 1,00 e o tratamento CC apresentou valor intermediário. A relação da EL<sub>g</sub> entre os tratamentos demonstra que em todos eles o valor estimado foi sempre menor que o valor observado, levando-se em conta as equações propostas por Zinn e Shen (1998) e adaptadas por Pereira (2005).

### 5.3.6 Comportamento de bovinos recebendo rações contendo cana-de-açúcar ensilada

Na Tabela 5.17 estão apresentadas as médias das ingestões dos animais em MS e em FDN, observadas no dia do ensaio de comportamento animal.

Tabela 5.17 – Ingestão de matéria seca (IMS) e de FDN (IFDN) de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Variável	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
IMS, kg/dia	11,35	12,06	11,62	11,16	11,55	0,499
IFDN, kg/dia	4,92	4,94	4,62	4,42	4,72	0,177

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Não foi verificado efeito do tratamento para a IMS ( $P = 0,6156$ ), nem mesmo para a IFDN ( $P = 0,1706$ ) pelos animais divididos nos tratamentos contendo rações com silagem de cana-de-açúcar como volumoso. Os animais consumiram, em média, 11,55 kg de MS/dia ou 4,72 kg de FDN/dia.

Os dados do comportamento circadiano dos animais, bem como o comportamento dos animais nas primeiras 6 horas após o fornecimento das rações estão apresentados na Tabela 5.18.

Não houve efeito do tratamento sobre o tempo total dos animais ingerindo ração ( $P = 0,9041$ ), bebendo ( $P = 0,6060$ ), ruminando ( $P = 0,2283$ ), mastigando ( $P = 0,1456$ ), em ócio ou outra atividade não definida ( $P = 0,1205$ ).

Os tempos médios dos tratamentos despendidos nessas atividades foram: 195 min/dia ingerindo ração, 13 min/dia bebendo, 443 min/dia em ruminação, 638 min/dia mastigando e 789 min/dia em ócio.

Tabela 5.18 – Comportamento de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Parâmetro	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
	Minutos/24 horas					
Ingerindo ração	198	197	186	199	195	14,1
Bebendo	15	14	11	14	13	2,3
Ruminando	455	410	453	455	443	17,3
Mastigando	653	607	639	654	638	14,9
Ócio	772	819	790	772	789	14,4
	Minutos/6 horas iniciais					
Ingerindo ração	90	88	86	83	87	9,2
Bebendo	7	4	4	5	5	1,2
Ruminando	87	89	89	95	90	6,6
Mastigando	177	177	175	178	177	9,9
Ócio	176	179	181	177	178	9,4

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

De forma semelhante ao tempo total de observação (24 horas), nas seis primeiras horas também não houve efeito do tratamento para nenhum dos parâmetros avaliados: ingerindo ração (P = 0,9602), bebendo (P = 0,1979), ruminando (P = 0,8313), mastigando (P = 0,9952) ou em ócio (P = 0,9808).

Em relação às seis horas iniciais os animais passaram em média 87 minutos ingerindo ração, 5 minutos bebendo, 90 minutos ruminando, 177 minutos mastigando e 178 minutos em ócio.

A Tabela 5.19 apresenta os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação das rações avaliadas e expressas em minutos/kg MS e minutos/kg FDN.

Não foi verificado efeito do tratamento para nenhum dos parâmetros relacionados aos tempos relativos de ingestão, ruminação ou mastigação, tanto os

mensurados em minutos/kg MS ingerida, quanto os mensurados em minutos/kg FDN ingerido.

Tabela 5.19 – Tempos relativos de ingestão, de ruminação e de mastigação de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano

Parâmetro	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
	Minutos/kg MS ingerida					
Ingestão	17,5	16,5	16,0	18,1	17,0	1,28
Ruminação	40,1	35,2	39,2	40,9	38,8	2,03
Mastigação	57,6	51,7	55,2	59,0	55,8	2,22
	Minutos/kg FDN ingerido					
Ingestão	40,3	40,1	40,2	45,8	41,6	3,07
Ruminação	92,6	85,6	98,7	103,4	95,1	5,05
Mastigação	132,9	125,7	138,9	149,2	136,7	5,41

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Os tempos relativos de ingestão média foram de 17 minutos/kg MS ingerida ou 41,6 minutos/kg FDN ingerido. Os tempos relativos de ruminação foram de 38,8 minutos/kg MS ingerida ou 95,1 minutos/kg FDN ingerido e os tempos relativos de mastigação foram de 55,8 minutos/kg MS ingerida ou 136,7 minutos/kg FDN ingerido.

### 5.3.7 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais

Estão demonstrados na Tabela 5.20 os resultados médios dos parâmetros de abate, da carcaça e da qualidade da carne dos animais alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.

Tabela 5.20 – Parâmetros de abate, de carcaça e da qualidade da carne de bovinos que receberam silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos ou inoculante bacteriano como volumosos da ração

Parâmetros	Tratamento				Média	EPM <sup>5</sup>
	CT <sup>1</sup>	LB <sup>2</sup>	CL <sup>3</sup>	CC <sup>4</sup>		
Peso final, kg	554 <sup>A</sup>	553 <sup>AB</sup>	542 <sup>AB</sup>	537 <sup>B</sup>	547	16,7
PCQ, kg	297 <sup>A</sup>	290 <sup>AB</sup>	284 <sup>B</sup>	286 <sup>AB</sup>	289	7,5
RC, %	53,61	52,44	52,40	53,26	52,93	0,489
pH 1h	6,59	6,51	6,46	6,61	6,54	0,087
pH 24h	6,25	6,01	6,05	6,26	6,14	0,159
AOL, cm <sup>2</sup>	72,30	71,72	70,92	71,25	71,55	1,873
EGS, cm	3,9	4,4	3,6	4,2	4,0	0,55
Marmoreio	Small	Small+	Modest	Small	-	-
PAE, %	5,24	5,25	5,18	5,87	5,39	0,811
PAC, %	10,41	13,13	12,67	11,56	11,94	1,341
Força cisalhamento, kg	2,83	2,79	3,24	2,82	2,92	0,453

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas, são estatisticamente semelhantes ( $P > 0,05$ ) pelo teste Tukey-Kramer.

Notas: <sup>1</sup> CT – Silagem de cana-de-açúcar controle; <sup>2</sup> LB – Silagem de cana-de-açúcar tratada com *L. buchneri*; <sup>3</sup> CL – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaO; <sup>4</sup> CC – Silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% de CaCO<sub>3</sub>; <sup>5</sup> EPM – Erro padrão da média.

Foi verificado efeito do tratamento ( $P = 0,0268$ ) sobre o peso final dos bovinos. Os animais dos tratamentos CT e LB obtiveram os maiores pesos finais (554 e 553 kg, respectivamente). Aqueles que receberam a ração contendo silagem de cana-de-açúcar adicionada de calcário obtiveram os menores pesos finais (537 kg) e os animais que receberam como volumoso a silagem com cal virgem na ração apresentou peso final intermediário, sem se diferenciar de todos os tratamentos experimentais.

Os pesos das carcaças também foram diferentes entre os grupos experimentais ( $P = 0,0212$ ). Os animais do tratamento controle apresentaram as carcaças mais pesadas (297 kg) e aqueles do grupo CL obtiveram as carcaças mais leves. Os tratamentos LB com carcaças pesando, em média, 290 kg e CC com animais

apresentando carcaças de peso médio de 286 kg não diferenciaram dos grupos que apresentaram pesos das carcaças extremos.

Não foi verificado efeito do tratamento aplicado aos volumosos em relação ao rendimento da carcaça ( $P = 0,2597$ ), às mensurações dos valores de pH das carcaças com uma hora ( $P = 0,4862$ ) ou 24 horas após o abate ( $P = 0,4119$ ), quanto à área de olho de lombo ( $P = 0,9304$ ), à espessura da gordura subcutânea ( $P = 0,7695$ ), às perdas de água por exsudação ( $P = 0,8896$ ) ou ao cozimento ( $P = 0,4931$ ) ou mesmo com relação à força de cisalhamento ( $P = 0,8506$ ). As médias entre os tratamentos podem ser observadas na Tabela 5.20.

## **5.4 Discussão**

### **5.4.1 Composição químico-bromatológica, tamanho médio de partículas e manejo de retirada das silagens**

Os resultados referentes à composição químico-bromatológica das silagens de cana-de-açúcar estão apresentados na Tabela 5.6. Os silos deste estudo foram confeccionados na mesma época e com a mesma forragem oriunda do experimento relatado no capítulo quarto desta tese. Portanto, os valores relativos à forragem serão considerados como médias dos tratamentos do estudo anterior.

Considerando o teor médio de matéria seca da forragem de 36,95%, observou-se que, para a maioria dos tratamentos, houve redução nesse teor com o processo fermentativo. Esse fenômeno foi relatado por diversos autores, com diferentes espécies, em vários teores de MS inicial. Relativamente à cana-de-açúcar ensilada, Queiroz (2006) verificou que houve queda no teor de MS passando dos 30% na cana-de-açúcar fresca para 23,12% após a ensilagem. Siqueira (2005) verificou que os teores iniciais médios de MS foram de 35,3% e declinaram a 30%, em média, na abertura.

Os teores de MS podem ser considerados altos, comparativamente aos relatados na literatura. O tratamento contendo com cal virgem (CL) apresentou teor de MS próximo daquele verificado para a forragem fresca, o que pode ser devido à incorporação do aditivo em pó. Contudo, a incorporação do calcário também utilizado

da mesma forma e dose (CC) não foi eficaz em promover manutenção do teor de MS. Dessa forma, o comportamento observado no tratamento CL pode ter sido devido à amostragem ou o calcário pode ser ineficiente em manter o teor de MS e evitar as perdas.

Durante o processo fermentativo de silagens é observado o consumo de carboidratos solúveis em água, transformando-os em subprodutos dessa fermentação que, por fim, favorecem a concentração de nutrientes não solúveis, como proteína bruta, minerais e fibras. Dessa forma, é comum observar incremento no teor de componentes minerais (MM) com a ensilagem, mas para os tratamentos CT e LB isso não foi observado. Ao contrário do comportamento verificado para os tratamentos aditivados com agentes químicos alcalinizantes, nesses volumosos, além da concentração da fração mineral, os próprios agentes utilizados foram compostos por minerais como o cálcio na forma de óxido e de carbonato (Tabela 4.4).

Enquanto os teores de MM observados para os tratamentos contendo 1% de cal virgem e calcário foram de 6,24 e 5,87% da MS, respectivamente, Santos (2007) verificou teores próximos de 6,01 e 6,04%, respectivamente. Entretanto, ambos os estudos apresentaram teores mais baixos que os verificados por Amaral (2007), que ao avaliar silagens de cana-de-açúcar com tratamentos semelhantes observou 10,8% de MM para o tratamento contendo 1% de cal virgem e 6,3% de MM na MS para o tratamento contendo 1% de calcário na silagem de cana-de-açúcar.

O teor de proteína bruta (PB) não diferiu entre os tratamentos e permaneceu próximo daquele calculado para a forragem *in natura*. O teor médio observado para a silagem nos tratamentos foi de 3,33% de PB na MS, enquanto a cana-de-açúcar fresca apresentou 3,32% da MS. Pode-se observar que o incremento dessa fração protéica, referente à utilização de CHO's não foi observada, podendo ter ocorrido perdas de PB, na mesma proporção da concentração promovida pelo uso de CHO's.

Amaral (2007) observou teores de PB na silagem de cana-de-açúcar controle de 3,9%; 3,6% na silagem aditivada com 1% de cal virgem e a silagem oriunda da aditivação com 1% de calcário apresentou 3,3% de PB na MS. Como pôde-se observar os valores estão bastante próximos dos observados no presente ensaio, entretanto, o autor foi capaz de verificar diferença entre os tratamentos. Esse fato deve ser



decorrente de uma menor variação encontrada no experimento de Amaral (2007), visto que utilizou unidades experimentais mais homogêneas, enquanto que neste estudo as coletas foram semanais e em silos de grande porte, mais susceptível a essa variação.

Os aditivos utilizados na ensilagem foram capazes de alterar as frações fibrosas (FDN, FDA e HEM) em relação à cana-de-açúcar ensilada sem aditivo. Para todos os componentes fibrosos houve queda comparativa à silagem controle. Comparativamente à cana-de-açúcar fresca que deu origem às silagens houve concentração das fibras, exceto para a fração hemicelulose. O teor de FDN passou de médios 54,68% da MS na cana-de-açúcar *in natura* e variou entre 57,18 e 61,92% da MS nas silagens de cana-de-açúcar. O teor de FDA foi de 33,75% na cana-de-açúcar fresca e passou para médios 37,99% nas silagens. Enquanto a fração HEM permaneceu próxima dos 20% da MS nas silagens, assim como na forragem fresca. As alterações nas frações fibrosas (FDN e FDA) são devidas também ao consumo de CHO's das forragens durante o processo fermentativo.

Esse resultado também foi observado por Amaral (2007), pois ao testar os mesmos aditivos químicos aqui avaliados, o autor verificou que, tanto o óxido, quanto o carbonato de cálcio foram efetivos em diminuir os teores de FDN e FDA das silagens de cana-de-açúcar se comparadas à silagem de cana-de-açúcar exclusiva. Os teores de FDN e FDA na silagem de cana-de-açúcar sem os aditivos foram de 68,7 e 42,3% da MS, respectivamente, e nas silagens tratadas com os agentes químicos alcalinizantes passaram a médios 62,0 e 38,5%, respectivamente, valores mais elevados que os observados neste estudo.

Apesar do tratamento LB também ter levado a quedas nos teores de componentes fibrosos em relação à silagem controle não existe explicação para esse fato na literatura.

De acordo com Rotz e Muck (1994), silagens bem manejadas apresentam aumentos variando entre 1 e 6 unidades percentuais nas frações FDN e FDA, comparativamente às forragens que a originaram. Os valores determinados neste estudo estão de acordo com a variação proposta pelo autores acima. Todavia, Siqueira (2005) e Queiroz (2006) verificaram aumentos superiores a 15% no FDN e também superiores a 11% na fração FDA.

Apesar de Santos (2007) ter determinado valores médios muito próximos aos verificados neste estudo, 58,41% de FDN e 37,99% de FDA, os teores de FDN e FDA determinados neste experimento encontram-se abaixo daqueles normalmente observados na literatura para silagens de cana-de-açúcar. Queiroz (2006) verificou teores de 70,20 e 44,08%, respectivamente, para essas frações em seu estudo. Siqueira (2005) também determinou teores mais elevados com 66,4% de FDN e 45,4% de FDA em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e microbianos associados.

De acordo com Klopfenstein (1978), os agentes químicos alcalinizantes atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, com pouca ação sobre a fração celulósica. Esse fato pode se evidenciado pelos menores teores de HEM encontrados nos tratamentos químicos aplicados, sobretudo no tratamento contendo cal virgem que apresentou 19,48% da MS em HEM comparativamente à silagem controle que apresentou 22,91% dessa fração.

O teor médio de HEM na cana-de-açúcar pré-ensilagem foi semelhante ao observado após a abertura (20,92 vs. 20,82%, respectivamente), o que não quer dizer que não houve ação do aditivo sobre a fração HEM. O que pode ter havido é que o teor de HEM manteve o valor centesimal por essa fração apresentar perda na mesma proporção e magnitude das perdas de MS.

Apesar da grande variação numérica entre os tratamentos, o teor de carboidratos solúveis em água (CHO's) não diferiu entre os tratamentos como pode ser observado na Tabela 5.6. Entretanto, ao se avaliar o teor médio encontrado na cana-de-açúcar original, verifica-se que este foi de 25,78% da MS, ao passo que o teor na silagem variou de 13,21 (CT) a 19,98% de CHO's na MS (CL), com média de 15,59% entre os tratamentos.

Verifica-se que, percentualmente, as recuperações de CHO's dos teores originais foram mais altas neste capítulo da tese que nos anteriores. No terceiro capítulo, 24 e 44% do teor original de CHO's foram recuperados nas silagens controle e LB, respectivamente. No capítulo quatro aproximadamente 25% do teor de CHO's da cana-de-açúcar *in natura* foram recuperados nas silagens. Os teores finais de CHO's das silagens experimentais deste experimento também foram elevados, com médias de

15,59%, enquanto que no capítulo anterior 6,98% foi o teor médio de CHO's na MS das silagens. Isso demonstra que o processo fermentativo foi mais tênue neste estudo.

Queiroz (2006) verificou teor médio de CHO's na cana-de-açúcar ensilada de 4,20% da MS. Santos (2007) observou que os valores determinados não ultrapassaram 10%, chegando 2,98% na cana-de-açúcar ensilada, sem aditivos. Muñoz-Maldonado (2007) verificou redução de 63% no teor de CHO's da forragem, com valores médios de 9,64% nas silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos microbianos exclusivos ou contendo benzoato de sódio. Amaral (2007) determinou teor médio de CHO's na cana-de-açúcar pré-ensilagem de 14,3% da MS e após a abertura esse teor foi de 2,9% na silagem controle; 4,4% na silagem aditivada com 1% de cal virgem e 6,0% da MS na silagem com 1% de calcário.

Entretanto, da mesma forma que aqui demonstrado, Junqueira (2006) verificou que dos 20,55% de CHO's na forragem original, alta recuperação foi observada nas silagens por ela avaliadas. A silagem adicionada de 1% de uréia apresentou 55,81% de recuperação de CHO's e ao utilizar o mesmo aditivo na dose de 2% a recuperação foi de mais de 81%, enquanto a silagem inoculada com *L. buchneri* recuperou quase 65% dos CHO's originais. Neste estudo as recuperações de CHO's do possível teor original variaram entre 51 e 77%, próximos da variação encontrada pela autora.

A seleção de microrganismos com o aumento da pressão osmótica e/ou por determinar alteração da dinâmica fermentativa por variar o pH são, de acordo com Santos (2007), os possíveis modos de ação desse aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar. Dessa maneira, pode ser explicado o comportamento observado da maior preservação de CHO's no tratamento contendo cal virgem.

O coeficiente de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) também pode ser observado na Tabela 5.6. Sobretudo por conta das silagens terem mantido grande porção dos teores de CHO's da cana-de-açúcar original, verifica-se que a queda na DVIVMS não foi tão elevada, especialmente se a comparação entre a forragem original e as silagens forem feitas com base nos valores encontrados no capítulo três desta tese (59,58% vs. 47,23 e 50,63%).

A cana-de-açúcar apresenta duas frações predominantes em sua constituição, o FDN e os CHO's. Dessa forma, o coeficiente de DVIVMS foi mais elevado no

tratamento contendo cal virgem micropulverizada (55,65%), fato que está aliado à essa forragem apresentar os menores teores de componentes fibrosos, juntamente com os maiores teores de CHO's. Apesar de não haver diferença entre os resultados dos tratamentos LB e CC, o segundo maior coeficiente de DVIVMS foi observado no tratamento LB (54,97%). Nestes tratamentos os teores de componentes fibrosos foram muito próximos, entretanto, a diferença de mais de 2% nos teores de CHO's (15,83 vs. 13,35%) parece ter sido efetiva em melhorar numericamente a DVIVMS do tratamento LB, comparativamente à silagem aditivada com o carbonato de cálcio (53,02%). O tratamento CT que apresentou os maiores teores de FDN, FDA e HEM, além de mais baixos teores de CHO's culminou com a menor DVIVMS (52,14%) dentre os quatro tratamentos.

De maneira geral, o coeficiente de DVIVMS avaliado no presente estudo pode ser considerado elevado. Da mesma forma, Junqueira (2006) encontrou coeficiente de DVIVMS bastante elevado e semelhante ao aqui expresso. Avaliando silagens coletadas em silos do tipo poço a autora verificou coeficientes de 59,83; 60,32; 61,64 e 62,45%, para as silagens controle e adicionadas de 1,0, 1,5 e 2,0% de uréia, respectivamente. Santos (2007), avaliando silagens tratadas com cal virgem nas doses de 1,0 e 1,5% da MV, verificou coeficiente de DVIVMS elevado (70,45 e 74,21%, respectivamente).

Ao avaliar o coeficiente de DVIVMS de silagens de cana-de-açúcar também coletadas em silos do tipo poço, Schmidt (2006) verificou valores mais baixos que os verificados neste experimento ou naquele conduzido por Junqueira (2006). A DVIVMS das silagens controle foi de 41,9%, na silagem adicionada de 0,5% de uréia foi de 45,6%, na aditivada com 0,1% de benzoato de sódio foi de 45,4% e na inoculada com *L. buchneri* na dosagem de  $3,6 \times 10^5$  ufc/g MV foi de 41,4%.

Ao avaliar a associação de aditivos químicos e microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar, Siqueira (2005) verificou coeficiente de DVIVMS baixo, apresentando-se entre 35 e 45% na maioria dos tratamentos, exceção feita para os tratamentos que continham associações com NaOH que melhoraram a DVIVMS para valores superiores a 59% da MS.

Em vista da cana-de-açúcar ser oriunda da mesma área utilizada no experimento relatado no capítulo quatro, assim como lá descrito, os teores de etanol apresentaram-se bastante baixos, porém mostraram-se variáveis entre os tratamentos. Diferente do observado no capítulo anterior, o tratamento controle não apresentou o maior teor desse composto. O maior teor de EtOH foi verificado no tratamento CC (0,47%), entretanto, esse valor também foi baixo. Em estudos conduzidos avaliando silagens de outras espécies forrageiras foram relatados valores mais elevados que os aqui observados. Filya; Sucu e Karabulut (2006) determinaram, em silagens de milho, teores de etanol variando entre 1,10 e 1,71% da MS.

Assim como os resultados aqui determinados estiveram abaixo dos usualmente observados em literatura, nos estudos de Pedroso (2003); Junqueira (2006) e Schmidt (2006) também o foram. A explicação dada pelos autores foi que em vista do grande porte dos silos a volatilização desses compostos estaria facilitada por conta também da baixa taxa de retirada diária. Entretanto, no capítulo anterior, os resultados também foram baixos e o experimento foi conduzido em silos laboratoriais, um ambiente de maior controle. A explicação mais plausível seria a possibilidade de menor população de leveduras na forragem, reiterando que essa variável não foi mensurada nesta tese.

Corroborando com esta possibilidade estariam as baixas perdas verificadas nos baldes-irmãos, confeccionados paralelamente à ensilagem nos silos trincheira, que serão discutidos mais à frente na seção 5.4.3. Sendo as perdas gasosas responsáveis pela grande porção das perdas totais de MS (seção 4.4.2) e tendo sido as perdas totais de MS sempre inferiores a 4%, pode-se inferir que uma menor população de leveduras pode ter atuado, uma vez que a característica da fermentação alcoólica é a alta produção de CO<sub>2</sub> que posteriormente é perdido (McDONALD, HENDERSON, HERON, 1991; McGECHAN, 1990).

De acordo com Alli et al. (1983) a intensa atividade de leveduras converte os carboidratos solúveis em água a etanol, dióxido de carbono e água, podendo causar reduções de até 70% no teor de CHO's. Dessa forma, as elevadas recuperações de CHO's nas silagens permite inferir que o processo fermentativo foi pouco efetivo ou que as leveduras realmente não estavam presentes em quantidade suficientes para produzir efeitos indesejáveis nas silagens de cana-de-açúcar.

Avaliando a cana-de-açúcar ensilada em baldes de 200 litros de capacidade, Amaral (2007) determinou teores de etanol variando de 4,3% da MS (tratamento controle) a 1,2% da MS (tratamentos com cal virgem e calcário, ambos a 1% da MV) e verificou que os aditivos químicos foram eficientes em diminuir o teor de etanol nas silagens.

Santos (2007) determinou teores mais elevados de etanol que os aqui apresentados. As silagens exclusivas (controle) apresentaram 4,78% de EtOH na MS, as silagens inoculadas com LB apresentaram 5,97% e os aditivos químicos aplicados na dose de 1% de calcário e cal virgem, possibilitaram a queda no teor de EtOH para 1,38 e 0,38% da MS, respectivamente.

Muñoz-Maldonado (2007) não encontrou diferença entre os aditivos contendo bactérias lácticas aplicadas de forma exclusiva ou em associação ao benzoato de sódio, sendo que o teor médio dos tratamentos foi de 4,3% de EtOH na MS das silagens.

O teor de ácido láctico também foi maior nos tratamentos CT e CL que nos tratamentos LB e CC. A menor produção de ácido láctico para a silagem em que o *L. buchneri* foi inoculado era esperado, uma vez que como relatado por Oude Elferink et al. (2001), esse microrganismo demonstra a capacidade de degradar em condições anaeróbias o ácido láctico, transformando-o em ácido acético e 1,2-propanodiol, apesar de não ter sido evidenciado aumento no teor de ácido acético (Tabela 5.6) das silagens inoculadas com LB em relação àquelas sem esse microrganismo adicionado.

Alto teor de ácido láctico verificado para as silagens contendo cal virgem (3,37% da MS) pode ter ocorrido por conta da dificuldade de abaixamento do pH, causado pelo aumento da capacidade tamponante nas forragens. Dessa forma, a manutenção do pH mais elevado manteve a produção de ácido láctico ativa. Esse fenômeno foi descrito anteriormente ao se utilizar aditivos alcalinizantes na ensilagem da cana-de-açúcar como verificado por Alli et al. (1983) e Santos (2007). Este autor também utilizou cal virgem na ensilagem e verificou teor de ácido láctico semelhante ao observado no presente estudo (3,66 vs. 3,37% da MS).

Os teores verificados neste estudo estão próximos daqueles observados na literatura. Santos (2007) verificou teores variando entre 0,46 e 3,50% da MS. Schmidt (2006) ao avaliar duas variedades de cana-de-açúcar colhidas aos 12, 15 e 18 meses

verificou que até 120 dias depois da ensilagem os teor médio de ácido láctico foi de 4,74% para a cana-de-açúcar colhida aos 12 meses; 1,29% quando colhida com 15 meses e 4,57% para aquela colhida com 18 meses de crescimento vegetativo.

Kung Junior e Stanley (1982) também avaliaram a ensilagem da cana-de-açúcar com diferentes estádios de desenvolvimento e verificaram que os teores foram de 2,82% de ácido láctico na MS das forragens colhidas com 24 meses e 5,65% para aquelas colhidas com 12 meses de crescimento.

Muñoz-Maldonado (2007) verificou teores de ácido láctico mais elevados que os aqui apresentados. Apesar de não ter verificado diferença entre os aditivos utilizados em relação à silagem controle, os teores desse ácido orgânico variou de 4,92 a 5,75% da MS.

Os teores de ácido acético, assim como no experimento descrito no capítulo três, também apresentaram-se elevados na maioria dos tratamentos, exceção feita para o tratamento CL que apresentou a menor teor desse ácido graxo de cadeia curta.

Existem algumas possibilidades para os altos teores de ácido acético encontrados nas silagens de cana-de-açúcar. Uma delas seria a presença de enterobactérias que são capazes de produzir ácido acético (McDONALD, HENDERSON; HERON, 1991) e que são inibidas pelo rápido abaixamento do pH (PAHLOW et al., 2003), ação que aparentemente não foi conseguida no presente estudo. Outra possibilidade seria a própria presença de bactérias heteroláticas (neste caso, *L. buchneri*) no meio, como sugerido por Driehuis; Oude Elferink e Van Wikselaar (2001), que afirmaram que a flora microbiana de silagens não inoculadas pode ser formada, predominantemente, por esse microrganismo.

Muñoz-Maldonado (2007) também verificou teores elevados desse ácido graxo, com médias de 5,87% da MS, sem diferença entre os tratamentos. Porém o teor chegou a 6,28% da MS nas silagens aditivadas com *L. plantarum* e 0,05% de benzoato de sódio.

Amaral (2007) verificou menores teores de ácido acético que os apresentados no presente capítulo. O teor desse ácido na silagem controle foi de 1,3% da MS, na silagem aditivada com 1% de CaO foi de 1,6% e naquela em que 1% de CaCO<sub>3</sub> foi aplicado o teor de ácido acético chegou a 1,5% da MS.

De forma oposta ao observado para o ácido acético, o teor ácido butírico foi baixo para todos os tratamentos, exceto pra o tratamento CL. O ácido butírico, geralmente, aparece em níveis baixos em silagens de cana-de-açúcar, como por exemplo, quando avaliadas por Schmidt (2006) que encontraram teores variando de 0,04 a 0,06%.

O maior teor de ácido butírico apresentado pelas silagens em que a cal virgem foi adicionada pode ser característica de uma fermentação clostrídica. Esses microrganismos, geralmente, são inibidos pelo rápido abaixamento do pH, entretanto, em vista da alta capacidade tamponante, possivelmente semelhante ao observado na Tabela 4.3, este tratamento pode ter facilitado a atuação desses microrganismos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O mais baixo teor de ácido acético pode ser oriundo da metabolização em ácido butírico, uma vez, que segundo Pahlow et al. (2003), além de utilizarem açúcares e ácido láctico, as bactérias do gênero *Clostridium* podem metabolizar o ácido acético transformando-o em ácido butírico.

Seria esperada uma menor relação entre lactato e acetato nas silagens inoculadas com LB, uma vez que esse microrganismo transforma o primeiro ácido orgânico no segundo, mas as relações entre esses ácidos não se diferenciaram nos tratamentos CT, LB e CC. Apenas o tratamento CL apresentou essa relação diferenciada, de forma a deslocá-la para a maior produção de ácido láctico.

Os valores verificados de pH apresentaram-se bastante diferenciados dos comportamentos observados em silagens de cana-de-açúcar para cada um dos tratamentos. Seria esperado um maior valor de pH para a silagem LB comparativamente à silagem controle, por conta da possibilidade de maior produção de ácido láctico na silagem de cana-de-açúcar sem aditivos, sendo este um ácido mais forte que o ácido acético produzido pelo *L. buchneri*.

Apesar de não ser mais forte que o tratamento contendo cal virgem, no tratamento CC seria esperado valor de pH mais elevado e isso não aconteceu, estando próximo do valor ideal verificado em silagens de cana-de-açúcar.

O tamanho médio de partículas (TMP) está demonstrado na Tabela 5.7, sendo que a comparação entre os tratamentos não foi possível pelo limitado número de graus



de liberdade desta determinação. Ao que aparenta não foi observado diferença entre os tratamentos com relação a esta variável apresentando-se pouco acima de 10 mm em todas as silagens de cana-de-açúcar avaliadas.

Também a proporção de silagem não-deteriorada não foi diferente entre os tratamentos impostos às forragens. Ainda que tenha havido diferentes perfis fermentativos nas silagens, as perdas visuais de MS ficaram compreendidas entre 84,70 e 86,96% do total diário retirado para o fornecimento aos animais.

#### **5.4.2 Composição químico-bromatológica das rações e das sobras de rações**

As composições químicas das rações estão apresentadas na Tabela 5.8 e verifica-se que as variações determinadas foram causadas pelas diferenças nas composições químicas das silagens (Tabela 5.6), tendo em vista os volumosos serem as fontes de variação dentre as rações.

Apesar de ter sido encontrada diferença no que tange o valor nutritivo das silagens (DVIVMS), a variação entre os tratamentos não foi tão grande como o observado no experimento detalhado no capítulo três desta tese.

Ao início do experimento foi formulada uma ração única, semelhante quanto aos ingredientes e a participação percentual destes na ração. Como não foi possível a coleta de cada uma das silagens que apresentavam-se em processo fermentativo assumiu-se que a fonte de volumoso apresentaria mínima variação entre elas.

A ração-base para o ensaio foi determinada considerando as exigências energéticas preditas pelo software NRC – Nutrient Requirements of Beef Cattle (1996), que estimou o teor de PB na ração de 12,7% e de NDT de 72%, contendo ainda 37% FDN na MS e 2,61 Mcal/kg de energia metabolizável nessa ração.

Na comparação dos valores teóricos oriundos da formulação pelo NRC (1996) com os observados nas rações verifica-se que se apresentaram próximos, ao considerar a DVIVMS como fator energético. Talvez por conta da subestimativa dos teores de PB e frações fibrosas pelo programa, os valores calculados de energia (NDT) estejam pouco acima da DVIVMS observada.

A subestimativa dos teores desses nutrientes pode ser observada ao se comparar os valores médios teóricos de PB (12,7% da MS) com aqueles calculados pelo programa (14,12% da MS) e também de FDN que teoricamente deveriam apresentar-se com 37% e foram observadas médias de 40,62%. As diferenças entre o calculado e o observado ficaram próximas de 10% neste estudo.

O maior teor de FDN observado pode ser parte da justificativa da superestimativa da ingestão de MS (Tabela 5.15 e Figura 5.2) estimada pelo programa que considerou rações contendo 37% de FDN na MS. Isso se dá, pois, conforme relatado por Mertens (1987) e Van Soest (1994), o FDN representa uma fração do alimento que guarda grande relação com a ingestão.

As composições químico-bromatológica das sobras de rações (Tabela 5.9) não guardaram as diferenças observadas com relação às silagens e que foram mantidas nas rações, demonstrando a capacidade de seleção de alimentos pelos animais. Essa seleção também pode ser evidenciada pelos maiores teores de MS e frações fibrosas verificadas nas sobras de rações, comparativamente às rações fornecidas, o que demonstra a diferença entre os tratamentos, entre a ração ofertada e aquela efetivamente ingerida.

Os teores de fibra foram sempre maiores nas sobras que nas rações enquanto os teores de PB foram na maioria dos tratamentos menores, exceto o tratamento LB que apresentou teores de PB próximos daqueles verificados nas rações ofertadas (Tabela 5.8) e isso, mais uma vez, evidencia a seleção de porções mais nutritivas pelos animais.

Diferentemente do que foi discutido no capítulo terceiro, o tamanho médio de partículas não possibilitou segregação tão importante como foi verificado nos tratamentos contendo silagem de cana-de-açúcar, em comparação àqueles que continham cana-de-açúcar *in natura*.

### 5.4.3 Avaliação da temperatura da massa e perdas de matéria seca durante a ensilagem e estabilidade aeróbia

A variação da temperatura durante o processo de ensilagem é um aspecto também importante a ser observado, uma vez que os diferentes perfis fermentativos podem atuar de forma diferente no que se refere ao aumento das reações exotérmicas durante a ensilagem, especialmente durante a fase inicial, na qual o oxigênio ainda está presente (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A extensão e a intensidade com que essa variação da temperatura ocorrer irá ditar o perfil fermentativo e, em última análise, a posterior estabilidade durante a exposição aeróbia.

Dessa maneira, foram confeccionados silos-irmãos aos silos trincheira utilizados para o experimento de desempenho e no centro de cada um dos baldes foram posicionados sensores de coleta de temperatura (*data-loggers*). Com isso foi possível verificar na abertura dos silos experimentais que as perdas totais de MS durante a fermentação, seguindo a metodologia descrita na seção 4.2.7, foram bastante baixas, comparativamente aos valores encontrados e discutidos no capítulo anterior desta tese (seções 4.3.3 e 4.4.3). Apesar disto, pôde-se observar que as perdas foram menores para os tratamentos em que os aditivos químicos foram utilizados.

Como observado no capítulo anterior para os mesmos tratamentos testados grande parte das perdas totais é decorrente da produção de gases durante o processo fermentativo. Naquele capítulo verificou-se que no tratamento CT as perdas por gases representaram 86% das perdas totais de MS, no tratamento LB a representatividade das perdas por gases foram de 95% e nos tratamentos CL e CC foram de 95 e 90%, respectivamente.

Ao utilizarem os CHO's os microrganismos os convertem em ácidos orgânicos, etanol, água, ATP e CO<sub>2</sub> e a estequiometria desses compostos dependerá dos substratos utilizados e dos microrganismos responsáveis (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Normalmente ocorrem perdas maiores no tratamento inoculado com *L. buchneri* se comparado ao tratamento controle, em vista das maiores perdas decorrentes da fermentação heterolática, visto que, segundo Woolford (1990), elas

promovem menores recuperações de MS que as bactérias produtoras exclusivas de ácido láctico. Entretanto, neste estudo as perdas se equivaleram e isso pode ter acontecido em virtude das diminutas perdas aqui determinadas.

As menores perdas de MS observadas nos tratamentos CL e CC podem ser decorrentes da seleção de microrganismos pelo aumento da pressão osmótica determinada pelos agentes químicos que proporcionaram o crescimento de microrganismos que apresentam menor produção de gases durante a fermentação. Outra possibilidade é que o processo fermentativo não tenha sido pleno conforme dados oriundos da análise das silagens coletadas nos silos trincheira (seção 5.4.1), corroborando com as altas recuperações de CHO's nas silagens (Tabela 5.6).

A temperatura máxima atingida durante a fermentação ( $T_{maxF}$ ) foi maior no tratamento CL ( $28,9^{\circ}\text{C}$ ), o que era esperado, uma vez que esse agente alcalino apresenta grande reatividade em água. Dessa forma, a água presente na forragem leva à reação exotérmica e eleva a temperatura da massa de forragem em um tempo relativamente curto, como pode ser observado também na Tabela 5.10, demonstrando apenas 20 horas para que essa temperatura máxima fosse atingida.

O rápido aumento da temperatura ao adicionar cal virgem à cana-de-açúcar também foi verificado por Santos (2007). O autor adicionou esse agente químico, dose de 1% da MV, à cana-de-açúcar fresca e a manteve em ambiente aeróbio durante 10 dias, tendo verificado que a massa atingiu a instabilidade em menos de uma hora, sendo que a máxima temperatura atingida foi de  $35^{\circ}\text{C}$  e isso ocorreu em 39 horas após a aditivação.

A temperatura máxima ( $HT_{maxF}$ ) também foi atingida precocemente no tratamento CT, demonstrando que a microflora epifítica foi suficiente para iniciar a fermentação rapidamente, entretanto, o tratamento CC foi responsável por promover retardamento para que a temperatura máxima fosse atingida, assim como ocorrido no tratamento LB. Neste tratamento era esperado que o tempo necessário para atingir a temperatura máxima fosse retardado, pois esse microrganismo é dependente do abaixamento no pH causado por outras ondas de crescimento microbiano como enterobactérias e bactérias homoláticas (McDONALD, HENDERSON, HERON, 1991).

Conforme relatado nos capítulos anteriores desta tese parâmetros relativos à temperatura e ao pH da massa de forragem têm sido utilizadas para a avaliação da estabilidade aeróbia de forragens. Os resultados referentes ao ensaio após a abertura dos silos-irmãos experimentais estão demonstrados na Tabela 5.11.

Com relação à temperatura máxima da silagem ( $T_{max}$ ) não foi verificado diferença entre os tratamentos. Esse comportamento não foi verificado no experimento anterior (Capítulo 4), no qual as silagens acrescidas de cal virgem apresentaram menores picos de temperatura que as silagens oriundas dos demais tratamentos. A média da  $T_{max}$  foi de  $39,6^{\circ}\text{C}$ , próximo dos valores determinados no capítulo quarto desta tese para os tratamentos em que os maiores picos de temperatura foram observados.

Apesar de não ter havido diferença em relação à  $T_{max}$  os aditivos LB e cal virgem foram responsáveis por retardarem o tempo para que a temperatura máxima fosse atingida ( $HT_{max}$ ). Ambos tratamentos apresentaram-se mais estáveis para esse parâmetro. Isso ocorreu ainda que, teoricamente, tenham apresentado as maiores recuperações de CHO's dentre os tratamentos, conforme apresentadas nos silo do tipo trincheira (Tabela 5.6). Os tratamentos que levaram menos tempo para atingirem o pico de temperatura (CT e CC) apresentaram-se próximos dos tempos observados por Queiroz (2006) para silagens de cana-de-açúcar inoculadas com aditivos microbianos.

O retardamento para atingir o pico de temperatura nas silagens aditivadas com 1% de cal virgem na massa verde pode ter sido decorrente da maior pressão osmótica promovida pelo aditivo, aliado aos teores observados de ácido acético e butírico.

A estabilidade aeróbia avaliada pelo método proposto por Ranjit e Kung Junior (2000) demonstra só haver variação na estabilidade ( $H_2^{\circ}\text{C}$ ) para o tratamento CL que apresentou-se mais estável. Como relatado acima, o aumento da pressão osmótica pode ter dificultado a ação de leveduras e fungos, os principais responsáveis pela deterioração aeróbia.

Seria esperada uma melhor estabilidade aeróbia também para o tratamento LB, conforme observado por diversos autores em silagem de cana-de-açúcar (PEDROSO, 2003; SIQUEIRA, 2005; SCHMIDT, 2006). Esse microrganismo é reconhecido por essa ação em virtude da sua maior produção de ácido acético, entretanto, tanto os teores

desse ácido (Tabela 5.6), quanto à melhoria da estabilidade aeróbia (Tabela 5.11) não foram observados.

Em geral, a estabilidade aeróbia foi maior que a observada por Queiroz (2006), que verificou médias de 39 horas para a quebra na estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar. Muñoz-Maldonado (2007) também verificou quebras mais precoces da estabilidade aeróbia das silagens de cana-de-açúcar por ele testadas. As silagens controle apresentaram médias de 38 horas de estabilidade aeróbia e aquelas inoculadas com bactérias homoláticas associadas ao benzoato de sódio apresentaram estabilidade aeróbia pouco superior, acima de 43 horas para a quebra na estabilidade.

Amaral (2007) verificou que ao aditivar a cana-de-açúcar com 1% de cal virgem, as silagens apresentaram-se estáveis por 163,3 horas, enquanto a cana-de-açúcar *in natura* permaneceu apenas 33,7 horas até atingir a quebra na estabilidade aeróbia. As silagens controle e aditivada com 1% de calcário não diferenciaram entre todos os tratamentos e apresentaram, respectivamente, 98,0 e 82,3 horas de estabilidade aeróbia.

Santos (2007) também verificou que a cal virgem apresentou os melhores resultados de estabilidade aeróbia. Esse aditivo adicionado na dose de 1,5% da MV propiciou à silagem 240 horas de estabilidade aeróbia. Na mesma dose aqui avaliada (1% da MV), o autor verificou que as silagens permaneceram 131 horas até que se atingisse 2°C acima da temperatura do ambiente.

O pH mensurado após a abertura dos silos e durante o ensaio de estabilidade aeróbia atingiu valores máximos (pH<sub>max</sub>) de forma diferenciada entre os tratamentos. As silagens tratadas com aditivos químicos (CL e CC) atingiram valores similares máximos de pH (7,80). Vale ressaltar que os valores de pH iniciais médios foram de 3,67 para a silagem CT; 3,61 para a silagem LB e de 4,57 e 4,13 para os tratamentos CL e CC, respectivamente. Dessa forma, ainda que tenham partido de um valor de pH superior, essa mensuração não transmite fidedignidade à avaliação geral do ensaio de estabilidade aeróbia.

Embora tenha havido diferença no pH máximo entre os tratamentos eles foram atingido praticamente ao mesmo tempo, próximo de nove dias de avaliação, sem tendo diferido entre os tratamentos.

O somatório da diferença entre as temperaturas da massa e do ambiente foi realizada nos períodos: da abertura ao quinto dia (ADITE-5) e da abertura aos 10 dias de estabilidade aeróbia (ADITE-10). Por conta da diferença da aquisição de dados para verificar os valores de ADITE-5 e ADITE-10, as comparações com os dados de literatura serão realizadas em função do percentual em relação à silagem controle.

Os maiores valores de ADITE-5 foram verificados nos tratamentos CT e CC, sendo que o tratamento CC apresentou praticamente o mesmo ADITE-5 do tratamento CT. Os tratamentos LB e CL apresentaram, respectivamente, cerca de 48 e 12% do somatório determinado para o tratamento CT. Uma vez que esses tratamentos retardaram o aumento da temperatura e a quebra da estabilidade aeróbia eles mantiveram-se mais próximos à temperatura do ambiente que os primeiros (CT e CC), diminuindo os valores de ADITE-5.

Ao avaliar silagens de cana-de-açúcar aditivadas com agentes químicos e microbianos, Santos (2007) verificou que o *L. buchneri* não melhorou os valores de ADITE-5, levando até mesmo a resultados prejudiciais. Ao passo que as duas doses aplicadas de cal virgem à cana-de-açúcar (1,0 e 1,5% da MV) promoveram baixo acúmulo de temperatura até os cinco dias de experimentação (ADITE-5), refletindo em valores extremamente baixos de 4,0 e 4,6°C acumulados, respectivamente.

Ao se avaliar o acúmulo da diferença entre as temperaturas até os dez dias de experimentação (ADITE-10), verifica-se que as diferenças observadas entre os tratamentos durante os cinco dias foram suprimidas, com todos os tratamentos apresentando valores de ADITE-10 semelhantes.

As perdas de matéria seca mensuradas nos cinco primeiros dias do ensaio de estabilidade aeróbia (PMS0-5) foram menores no tratamento CL (5,30% da MS). Esse fenômeno pode ter ocorrido por conta do aumento da pressão osmótica promovido pelo aditivo, limitando o crescimento de leveduras, fungos e outros microrganismos responsáveis pela deterioração aeróbia de silagens. Comportamento semelhante havia sido descrito por Santos (2007) com perdas de magnitude próximas, entretanto, o autor não verificou diferença do tratamento aditivado com 1% de óxido de cálcio para o controle.

As perdas observadas até os dez dias de ensaio (PMS0-10) também foram menores no tratamento CL (12,83% da MS), entretanto, nesse longo período os demais tratamentos começaram a se diferenciar entre si, fato que não ocorreu nas PMS0-5. Especialmente o tratamento contendo calcário apresentou menores PMS0-10 que a silagem controle, demonstrando maior característica dos aditivos químicos em manter as perdas de MS reduzidas durante mais tempo.

Os resultados verificados por Santos (2007) para esse parâmetro não se diferenciaram quando avaliados até o final do ensaio, apresentando média de 16,8% de perdas até o décimo dia de exposição aeróbia. Esse comportamento também foi verificado no experimento conduzido por Schmidt (2006) que verificou PMS0-10 médias de 18,7%.

#### **5.4.4 Desempenho de animais e predições de ganho de peso, ingestão de MS e NDT das silagens de cana-de-açúcar**

Na Tabela 5.13 pode-se verificar as variáveis de desempenho e ingestão de matéria seca (IMS) dos animais recebendo silagens de cana-de-açúcar como volumosos das rações. Verifica-se que a IMS mensurada, tanto em quantidade ingerida por dia, quanto em relação ao percentual do peso vivo dos animais não se mostrou diferentes entre os tratamentos impostos à forragem. As IMS médias foram de 9,86 kg/dia ou 1,94% PV/dia.

O ganho de peso médio diário foi mais elevado para os tratamentos CT e LB que para aqueles em que aditivos químicos foram aplicados. Esse comportamento também foi observado para a variável eficiência alimentar (EA), entretanto, o tratamento CC ainda foi um pouco melhor que o outro tratamento químico, pois apesar do GPD ser semelhante, numericamente a IMS foi melhor, proporcionando melhor EA, o que igualou o tratamento CC aos mais eficientes (CT e LB).

Os animais avaliados, apesar de jovens apresentavam-se com nível de acabamento próximo do abate e haviam sido utilizados em outro experimento de confinamento, o que descarta qualquer hipótese de ganho compensatório. Mesmo assim, o GPD e a eficiência alimentar apresentadas diminuiriam conforme os períodos



experimentais foram avançando, como pode ser verificado na Tabela 5.12. O GPD dos animais foi de 1,234 kg/dia no primeiro período experimental, apresentou-se próximo de 1,0 kg/dia no período II e no terceiro período o GPD diminuiu ainda mais (0,918 kg/dia). Mesmo comportamento foi observado com relação à eficiência alimentar.

Apesar das rações conterem a mesma proporção de volumoso utilizada no experimento do capítulo 3, os GPD aqui apresentados (1,061 kg/dia) foram mais elevados que naquele estudo, quando animais Nelore apresentaram GPD de 0,896 kg/dia. Entretanto, a eficiência alimentar média apresentada pelos animais não diferiram entre os experimentos descritos no capítulo três (0,195 kg GPD/kg IMS) e os aqui apresentados (0,109 kg GPD/kg IMS).

Ao alimentar tourinhos com ração composta por 45% silagem de cana-de-açúcar, Schmidt (2006) verificou que os animais alimentados com a ração contendo silagem controle apresentaram desempenho 24% inferior aos alimentados com silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* (0,82 vs. 1,00 kg/dia). Não houve diferença em relação à ingestão de ração para os tratamentos avaliados pelo autor e as médias foram de 8,62 kg MS/dia, referente a 1,68% do PV ingerido diariamente.

Pedroso et al. (2006) também verificaram melhores desempenhos para novilhas Holandesas alimentadas com ração contendo silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. buchneri* ( $3,64 \times 10^5$  ufc/g forragem). Entretanto, a ingestão de ração foi bastante alta em relação ao peso vivo dos animais (2,2%), fato justificado pela categoria animal avaliada.

Isso também foi observado por Junqueira (2006) que forneceu ração contendo 45% de cana-de-açúcar ensilada para novilhas em crescimento. Entre os tratamentos avaliados, aqueles contendo *L. buchneri* ou duas doses de uréia (1,0 e 1,5% da MV) não diferiram entre si, com média de ganho de peso diário de 0,98 kg.

Ao se desdobrar a interação entre os tratamentos e os períodos, no tocante à IMS, verifica-se por meio dos dados expostos na Tabela 5.14 que no segundo período houve diferença entre os tratamentos quando a IMS, mensurada em quantidade diária ingerida. Nesse período os animais do tratamento CT apresentaram maiores ingestões que os do tratamento LB. Com relação aos tratamentos nos períodos, a tendência observada foi destacada anteriormente, com menores ingestões nos períodos iniciais.

Ao avaliar-se os resultados da IMS em função do percentual do PV, verifica-se que a IMS dos tratamentos, que as ingestões, nos períodos, foram bastante lineares. Talvez o fator de diferenciação fique ainda por conta do segundo período que apresentou maiores ingestões percentuais para o tratamento CT e menores para o tratamento LB, assim como observado na outra forma de mensuração dessa variável.

A formulação da ração-base pelo NRC (1996) previa a ingestão de MS de 10,00 kg de MS/dia e GPD de 1,13 kg. Portanto, pode-se observar que foram determinados ganhos médios diários 6,11% abaixo do predito pelo programa, bem como IMS com 1,4% abaixo do valor estimado. As rações do tratamento CT apresentaram resultados observados de GPD e IMS superiores em 2,74 e 3,10% àqueles que o programa estimou, enquanto que os demais tratamentos sempre estiveram abaixo dos valores estimados, especialmente os tratamentos em que os aditivos químicos foram utilizados.

Dessa forma, observou-se que, embora a IMS tenha sido superestimada (Tabela 5.15 e Figura 5.2), o valor nutritivo dos volumosos podem ter sido subestimados. Esse mesmo comportamento foi verificado no experimento avaliado no capítulo três deste documento.

Assim, conforme relatado terceiro capítulo, também foi verificado altos teores de ácido acético (Tabela 5.6). Mesmo na silagem CL que apresentou menores teores deste ácido graxo (2,64% da MS), foi verificado que estiveram acima do nível crítico preconizado por Mahanna (1993) como depressor da ingestão.

Conforme descrito na seção 5.2.12 procedeu-se a estimativa do valor energético das silagens pelo *software* do NRC (1996) tentando igualar o ganho de peso estimado ao observados com base na IMS observada. Assim, os valores de NDT dos volumosos deveriam ser os observados na Tabela 5.15. Se comparados aos valores obtidos de DVIVMS, observa-se que os valores estimados estiveram sempre acima dos observados. Portanto, com base no programa os valores de NDT deveriam ser maiores, assim, houve subestimativa do valor nutritivo das silagens de cana-de-açúcar. Os valores estimados estiveram mais próximos dos observados no tratamento CL, diferenciando-se entre si em menos de 1%. A maior diferença foi observada para o tratamento LB, com 21,16%; no tratamento CT o valor estimado foi 19,49% maior que

aquele observado e, finalmente, para o tratamento CC, o valor estimado apresentou-se 11,09% maior que o valor observado de DVIVMS.

Comportamento semelhante ao aqui observado foi verificado por Schmidt (2006). Naquela ocasião o programa estimou ingestões de MS de quase 80% dos valores observados, enquanto os valores de NDT deveriam ter sido 32% maiores para que o ganho observado fosse atingido. De acordo com o autor, essa diferença deve-se ao programa não considerar a contribuição oriunda de componentes voláteis, como ácidos orgânicos e etanol.

Com os resultados observados de IMS, idade e peso médio dos animais foram calculados os ganhos de peso médios diários teóricos. Diferentemente ao ocorrido os GPD estimados não apresentaram efeito do tratamento (Tabela 5.15). Os animais deveriam, teoricamente, apresentar ganhos de peso médios diários de 0,93 kg para todos os tratamentos. Isso não foi observado para os GPD observados como pode-se notar na mesma tabela. Dessa maneira, a relação existente entre os GPD observados e estimados (GPDob:GPDest) demonstrada, tanto na Tabela 5.15, quanto na Figura 5.1 denotou que os valores observados foram maiores que aqueles estimados pelo NRC (1996). Isso se diferenciou entre os tratamentos estudados, sendo que a relação GPDob:GPDest foi maior para os tratamentos CT e LB em 20 e 23%, respectivamente. Os valores de GPD observados e estimados foram bastante próximos para o tratamento CL, com apenas 1% de diferença entre eles. O tratamento CC apresentou GPD observado 13% maior ao estimado.

Após chegar aos GPD estimado para a IMS observada, procede-se o incremento do NDT dos volumosos até chegar ao GPD igual ao observado, entretanto, essa ação também levou a alteração na IMS total estimada. A comparação entre os valores observados e estimados também estão apresentados na Tabela 5.1, bem como a relação entre os valores observados e estimados de IMS (IMSob:IMSest), que também estão apresentados na Figura 5.2.

Apesar do comportamento verificado ser semelhante, não houve diferença entre os tratamentos testados com relação aos valores de IMS estimados e observados. A média de IMS observada foi de 9,86, enquanto o programa previu IMS média de 10,58, demonstrando uma relação ISMob:IMSest de 0,93 ou 93%. Esse valor apresenta-se

próximo daquele observado no capítulo três deste documento, em que a relação da IMS foi de 88%.

Ao avaliar esses valores individualmente e as relações existentes entre os valores observados e estimados para GPD e IMS, verifica-se que o programa considera os animais alimentados com silagem de cana-de-açúcar na ração menos eficientes do que o são. Assim, o NRC (1996) estima maior IMS para que o ganho de peso médio diário observado seja atingido.

Essa avaliação também foi realizada por Schmidt (2006) e o mesmo comportamento foi observado, os GPD verificados pelo autor foram entre 34 e 52% acima do estimado pelo programa, com IMS de 72 a 82% dos valores estimados, corroborando com a superestimativa de IMS e subestimativa do GPD.

Da mesma forma, avaliando o GPD e IMS para novilhas Holandesas por meio do mesmo exercício, Pedroso; Schmidt e Nussio (2004) também verificaram o mesmo comportamento com subestimativa do GPD e superestimativa da IMS, respondidas pela menor estimativa do valor energético dos volumosos baseados em cana-de-açúcar ensilada.

Estão apresentados na Tabela 5.16 os cálculos de energia líquida (EL) das rações por meio das equações propostas por Zinn e Shen (1998) que considera o peso vivo metabólico ( $PV^{0.75}$ ), a IMS e o GPD, demonstradas como base dos valores observados. Os valores estimados foram calculados pelo NRC (1996) e considera, somente, o valor de NDT dos ingredientes da ração.

Houve diferença mínima entre os valores de EL de manutenção ( $EL_m$ ) observados e estimados. Os valores de EL de ganho ( $EL_g$ ) apresentaram-se superiores aos estimados pelo NRC (1996).

Pode-se observar que o NRC foi capaz de estimar valores bastante próximos aos observados para a EL de manutenção. A comparação das médias entre as relações existentes entre os valores observados e estimados de EL, tanto de manutenção, quanto de ganho demonstram que a primeira foi bastante próxima entre os tratamentos, destacando-se o tratamento CL que apresentou valores estimados mais elevados que os observados para a EL de manutenção. Com relação à  $EL_g$  verifica-se que ela mantém a proporção de diferença entre os valores observados e estimados do GPD e

do NDT dos volumosos, demonstrando que o NRC é mais capaz de descrever um comportamento semelhante ao observado quanto aos valores de EL de manutenção que aqueles de  $EL_g$ .

Esse comportamento também foi verificado no experimento apresentado no capítulo três desta tese. Schmidt (2006) verificou que os valores calculados pelas equações de Zinn e Shen (1998) apresentaram-se maiores que aqueles estimados pelo NRC (1996). Pereira (2005) verificou comportamento oposto ao aqui demonstrado e justificou esse resultado ao uso de NDT acima do real (61%) para a silagem de cana-de-açúcar que representou 30% da ração.

#### **5.4.5 Comportamento dos animais recebendo rações contendo silagens de cana-de-açúcar**

O comportamento dos animais foi avaliado durante 24 horas e foi considerada a ingestão de MS e de FDN no dia da avaliação, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.17. De acordo com Mertens (1987) e Van Soest (1994) o teor de FDN é inversamente relacionado à capacidade de IMS de um alimento. Não houve diferença nas ingestões de MS e de FDN entre os tratamentos, com médias diárias de 11,55 kg de MS e 4,72 kg de FDN ingeridos. A IMS não foi alterada nem mesmo pela pequena variação encontrada no valor nutritivo das silagens (Tabela 5.6) ou das rações fornecidas (Tabela 5.8). A IMS e de FDN foi maior que aquela observada no capítulo três, especialmente, por conta da diferença entre os animais estudados.

Os parâmetros relacionados ao comportamento dos animais, tanto mensurados nas 24 horas, quanto nas primeiras seis horas após o fornecimento da ração, estão apresentados na Tabela 5.18 e mostraram não terem sido afetadas pelos tratamentos impostos à forragem. Durante as 24 horas os animais despenderam, em média, 195 minutos em ingestão de ração, 443 minutos em ruminação, 638 em mastigação e 789 minutos sem atividade definida ou em ócio. Esses valores foram próximos daqueles verificados no capítulo três, porém menores tempos relativamente às três primeiras atividades descritas que Schmidt (2006) avaliando animais recebendo 45% de silagem de cana-de-açúcar na alimentação de tourinhos Nelore e Canchim e que o observado

por Loures (2004) avaliando animais que receberam 50% de silagem de capim-Tanzânia na ração. Entretanto, os tempos despendidos em ócio foram menores que os observados pelos mesmos autores, por se tratar de uma atividade complementar àquelas relacionadas à ingestão e ruminação. Os tratamentos em que a ração continha cana-de-açúcar ensilada no capítulo três desta tese também não diferenciaram-se para os parâmetros de comportamento dos animais, parecendo a diferença ser decorrente das formas de fornecimento da cana-de-açúcar, *in natura* ou ensilada.

O tempo despendido pelos animais ingerindo água também foi baixo como o observado no terceiro capítulo. Assim como anteriormente discutido, essa atividade tem pequena participação no total de tempo durante as 24 horas, traduzida em grande variação entre os estudos, como observado por Coelho (2002); Loures (2004) e Schmidt (2006).

Da mesma forma que a observada para a mensuração diária, também o comportamento dos animais não foi diferente entre os tratamentos se avaliado durante as seis primeiras horas após a alimentação. Diferente do ocorrido no capítulo anterior, em que o desempenho dos animais foi avaliado, aqui a alimentação foi única no dia, sendo avaliadas somente as seis primeiras horas, semelhante à avaliação proposta por Schmidt (2006). A importância dessas primeiras horas na avaliação da ingestão e da ruminação é que enquanto essas atividades correspondem a, aproximadamente, 14 e 31% do tempo total nas 24 horas de avaliação, durante as seis primeiras horas elas correspondem a 24 e 25% do tempo, respectivamente.

No capítulo três os animais permaneceram 74 minutos das oito primeiras horas ingerindo ração, enquanto que aqui apresentaram 87 minutos das seis primeiras horas após a alimentação na atividade de ingestão, o que justifica a maior IMS verificada na Tabela 5.17. Os tempos despendidos em ruminação nas primeiras horas após a alimentação foram semelhantes entre os experimentos. O tempo de mastigação também foi numericamente semelhante, todavia, no primeiro experimento a avaliação ocorreu durante oito horas e neste em apenas seis. Esses tempos de avaliação do comportamento animal, entretanto, não demonstraram variações semelhantes às verificadas por Schmidt (2006), que observou que os animais que receberam cana-de-açúcar sem ser aditivada por *L. buchneri* permaneceram tempos semelhantes em

atividade de ingestão de ração, porém a IMS foi menor. O autor justifica essa observação pela presença de compostos voláteis que inibam a maior ingestão, dentre esses compostos destacam-se o etanol e ácidos graxos de cadeia curta.

Os tempos relativos de ingestão, ruminação e mastigação, medidos em minutos/kg de MS e min/kg de FDN ingerido também não se diferenciaram entre os tratamentos aplicados à forragem e, conseqüentemente, às rações fornecidas aos animais. No capítulo três deste documento foi verificado que esses parâmetros guardaram certa relação com os teores de FDN das rações, entretanto, naquele estudo, os teores foram mais variáveis entre os tratamentos. Neste, por apresentarem-se próximos, essa relação não foi verificada.

#### **5.4.6 Parâmetros de abate, da carcaça e da carne dos animais**

As medidas obtidas durante o abate dos animais estão apresentadas na Tabela 5.20 e demonstraram que os animais apresentaram pesos finais diferenciados entre os tratamentos experimentais, o que, de acordo com Taubes (2001), influencia nas características da carcaça dos animais se considerados conjuntamente com o grupo genético, sexo e nutrição.

Como característica dessas carcaças está o peso da carcaça quente (PCQ) que para os animais mais pesados (554 kg no tratamento CT) também foi maior (297 kg), demonstrando um rendimento da carcaça de 53,61% para esse tratamento. Os animais mais leves (CC) apresentaram um dos menores pesos médios da carcaça, porém não se diferenciou do tratamento controle. A correlação entre o peso ao abate e o peso da carcaça foi de 0,97, descrito no estudo de Silva (2002).

Apesar de ser observado efeito das rações sobre o peso final e o peso da carcaça dos animais, não foi verificado diferença em relação ao rendimento da carcaça nos diferentes tratamentos, apresentando média de 52,93% de RC. Este valor foi maior que o observado por Vaz e Restle (2005) que avaliaram as características da carcaça de novilhos da raça Hereford terminados em confinamento e recebendo 67% de cana-de-açúcar *in natura* na ração. Os autores determinaram rendimento de carcaça para esses animais de 50,1%, não diferindo daquele que recebeu como volumoso a silagem

de milho no mesmo percentual de participação da cana-de-açúcar. O rendimento observado para os animais Nelore, no primeiro experimento de desempenho desta tese, foi maior (55,46%) que o aqui observado. Entretanto, o maior rendimento da carcaça de animais zebuínos é freqüentemente relatado na literatura (PEACOCK et al., 1979; MOLETTA; RESTLE, 1996; RESTLE et al., 2002; MENEZES et al., 2005).

Não houve diferença entre os valores de pH observados nas carnes dos animais. Entretanto, observa-se que, tanto o pH mensurado depois de uma hora, como aquele mensurado após 24 horas do abate apresentaram-se acima de 6,0. Dessa forma, aparentemente os animais podem ter sofrido estresse pré-abate, pois, segundo Pereira (2002), esses altos valores de pH indicariam isso e estariam mais predispostos à anomalia DFD (*dark, firm and dry*) ou cortes escuros. Esse fenômeno pode ser devido ao transporte até o frigorífico que distanciou do local de confinamento em aproximadamente 300 km.

Os valores de área de olho de lombo (AOL) e da espessura de gordura subcutânea (EGS) observados para os animais neste experimento foram próximos àqueles verificados no capítulo anterior de desempenho dos animais. Diferente do observado naquele capítulo, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos para a AOL, nem mesmo para a EGS.

Os valores de AOL (69,15 cm<sup>2</sup>) verificados por Correia (2006) foram ligeiramente inferiores aos aqui determinados. Pereira (2006) também verificou menores valores de AOL para animais da raça Nelore avaliados pela autora, ainda que a ração apresentasse teor de NDT semelhante ao aqui utilizado.

A EGS apresentou-se maior que o mínimo exigido pelos frigoríficos nacionais para o acabamento da carcaça. Pereira (2006) e Correia (2006) determinaram, para esse parâmetro, valores médios mais elevados (6,01 e 4,88 cm, respectivamente).

As perdas de água por exsudação (PAE) podem ser consideradas elevadas, visto que, segundo Pereira (2006), elas deveriam estar abaixo de 2%. Os animais machos avaliados pela autora apresentaram PAE das carnes próximas dos aqui observados, 5,87% no estudo de Pereira (2006) e 5,39% para os valores aqui apresentados.



Apesar de altas perdas por exsudação, as perdas de água por cozimento estiveram abaixo do valor máximo indicado por Tullio (2004) para animais em confinamento e próximos dos valores observados no capítulo três desta tese. Entretanto, este comportamento pode ter sido favorecido pela elevada perda na exsudação determinando menor quantidade de água livre a ser perdida ao cozimento.

Ainda que as carnes apresentassem pH elevado indicando ter havido a anomalia DFD a força de cisalhamento foi baixa, sem se diferenciar entre os tratamentos, com média de 2,92 kg, demonstrando serem bastante macias, podendo ser o indicativo da classificação média de marmoreio, segundo USDA (1999), acima de *small*. Correia (2006) verificou força de cisalhamento média de 3,7 kg, semelhante ao observado no primeiro artigo desta tese.

## 5.5 Conclusões

Embora a adição de cal virgem à forragem de cana-de-açúcar submetida à ensilagem tenha apresentado resultados promissores para a melhoria da composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbia das silagens, isso não se traduziu em melhoria em desempenho animal dos animais que receberam rações contendo este volumoso.

O desempenho animal foi melhor para o grupo que recebeu silagens inoculadas com *Lactobacillus buchneri* e silagem de cana-de-açúcar sem aditivação, entretanto, não houve melhora nas características avaliadas nas carcaças dos animais abatidos.

Por não considerar o valor energético dos componentes voláteis produzidos na fermentação das silagens, os valores de NDT estimados pelo NRC posicionaram-se da estimativa gerada. Levando a subestimativa do ganho de peso em 14% e superestimativa da ingestão de MS em 7%.

## Referências

ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 9, p. 291-299, 1983.

- AMARAL, R.C do. **Avaliação de aditivos químicos sobre as perdas e valor alimentício das silagens de cana-de-açúcar para ovinos**. 2007. 165 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 13<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC International, 1980. 1015 p.
- BERZAGHI, P.; COZZI, G.; ANDRIGHETTO, I. The use of near infrared analysis for *in situ* studies. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 80, p. 3263-3270, 1997.
- BEVAN, D.; BOND, J. Microorganisms in field and mill: a preliminary survey. In: QUEENSLAND SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 38., 1971. Cairns. **Proceedings...** Brisbane: Watson Ferguson, 1971. p. 137-143.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FEYERHERM, A.M.; AIMUTIS, W.R.; URBAN, J.E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 75, p. 3066-3083, 1992.
- CAMPOS, F.P.; NUSSIO, C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 135 p.
- CAVALI, J.; PEREIRA, O.G.; SOUSA, L.O. de; PENTEADO, D.C.S.; CARVALHO, I.P.C. de; SANTOS, E.M.; CEZÁRIO, A. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBZ, 2006. 1 CD-ROM
- COELHO, R.M. **Efeito da concentração de matéria seca e do uso de inoculante bacteriano-enzimático na silagem de Tifton-85 (*Cynodon ssp.*) sobre a digestão de nutrientes, parâmetros ruminais e comportamento de bovinos de corte em crescimento**. 2002. 136 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- CORREIA, P.S. **Estratégia de suplementação de bovinos de corte em pastagens durante o período das águas**. 2006. 333 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- COZZOLINO, D.; ACOSTA, Y.; GARCIA, J. Application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage evaluation in Uruguay. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 370-371.
- DANNER, H.; HOLZER, M.; MAYRHUBER, E.; BRAUN, R. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 1, p. 562-567, 2003.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 56, p. 330-343, 2001.

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, 1956.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 101, p. 1216-1223, 2006

GALLO, C.R.; CANHOS, V.P. Contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica – Revisão. **Stab: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 9, n. 5, p. 35-40, 1991.

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

JUNQUEIRA, M.C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana-de-açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 46, n. 2, p. 841-848, 1978.

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

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**, Savoy, v. 84, p. 1149-1155, 2001.

KUNG JUNIOR, L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 54, p. 689-695, 1982.

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**, Savoy, v. 67, n. 2, p. 299-306, 1984.

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**, Savoy, v. 79, n. 10, p. 922-928, 1996.

LOURES, D.S.R. **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. 146 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Chewing activity, saliva production and ruminal pH of primiparous and multiparous lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 1176-1182, 2002.

MAHANNA, W.C. Troubleshooting silage problems. In: FOUR STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 1993. Madison. **Proceedings...** Madison: University of Wisconsin Press, 1993. p. 1-21.

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 18 set. 2007.

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

McGECHAN, M.B. A review of losses arising during conservation of grass forage. Part 2: Storage losses. **Journal of Agriculture Engineering Research**, London, v. 45, p. 1-30, 1990.

MENEZES, L.F.G. de; BRINDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; RESTLE, J.; ARBOITTE, M.Z.; FREITAS, L. da S.; PAZDIORA, R.D. Características da carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos, terminados em confinamento, recebendo diferentes níveis de concentrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1141-1147, 2005.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

MOLETTA, J.L.; RESTLE, J. Características de carcaça de novilhos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 5, p. 876-888, 1996.

MUÑOZ-MALDONADO, J.G. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of beef cattle**. 6<sup>th</sup> ed. Washington: National Academy of Sciences, 1984. 90 p.

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

NISHINO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 94, p. 800-807, 2003.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004. Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p. 1-33.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLANDS CONGRESS, 19., 2001. São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 794-795.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F. Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE, 1999. Rome. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders. **Proceedings...** Rome: FAO, 2000. p.17-30.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, p. 125-132, 2001.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. chap. 2, p. 31-93.

PEACOCK, F.M.; PALMER, A.Z.; CARPENTER, J.W.; KOGER, M. Breed and heterosis effects on carcass characteristics of Angus, Brahman, Charolais and crossbred steers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 49, n. 2, p. 391-397, 1979.

PEDROSO, A. de F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A. de F.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. Silagem de cana-de-açúcar no confinamento de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2004. p. 243-259.

PEDROSO, A. de F.; NUSSIO, L.G.; BARIONI JÚNIOR, W.; RODRIGUES, A. de A.; LOURES, D.R.S.; CAMPOS, F.; RIBEIRO, J.L.; MARI, L.J.; ZOPOLLATTO, M.; JUNQUEIRA, M.; SCHMIDT, P.; PAZIANI, S. de 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.

PEREIRA, A.S.C. **Qualidade da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) suplementados com vitamina E**. 2002. 86 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

PEREIRA, A.S.C. **Características qualitativas da carcaça e da carne das progênes de touros representativos da raça Nelore (*Bos indicus*) e de diferentes grupos genéticos**. 2006. 117 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

PEREIRA, E.M. **Substituição de milho por ingredientes alternativos na dieta de tourinhos confinados na fase de terminação**. 2005. 85 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

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

QUEIROZ, O.M.C. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumosos tradicionais**. 2006. 99 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

RANJIT, N.K.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservation on fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 526-535, 2000.

RESTLE J.; PASCOAL, L.L., FATURI, C.; ALVES FILHO, D.C.; BRONDANI, I.L.; PACHECO, P.S., PEIXOTO, L.A. de O. Efeito do grupo genético e da heterose nas características quantitativas da carcaça de vacas de descarte terminadas em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, supl. 1, p. 350-362, 2002.

ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JUNIOR, J.C.; COLLINS, M.; MERTENS, D.R.; MOSER, L.E. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1994. p. 828-868.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for Windows**: version 9.00. Cary: SAS Institute, 2002.

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

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; PAZIANI, S. de F.; MARI, L.J.; LOURES, D.R.S.; JUNQUEIRA, M.C. Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar com doses de *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 1 CD-ROM

SHENK, J.; WESTERHAUS, M. Population definition, sample selection, and calibration procedures for near infrared reflectance spectroscopy, **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 496-474, 1991.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2005.

SILVA, S.L. **Estimativa de características da carcaça e ponto ideal de abate por ultrassonografia em bovinos submetidos a diferentes níveis energéticos na ração**. 2002. 65 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2002.

TAUBES, G. The soft science of dietary fat. **Science**, Washington, v. 291, p. 2536-2545, 2001.

TAYLOR, C.C.; RANJIT, N.K.; MILLS, J.A.; NEYLON, J.M.; KUNG JUNIOR, L. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

TULLIO, R.R. **Estratégia de manejo para produção intensiva de bovinos visando a qualidade da carne**. 2004. 107 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.

USDA. **Official United States standards for grades of carcass beef.** Washington: USDA, Agricultural Marketing Service, 1999.

VAN SOEST, P.J. Intake. In: VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** Ithaca: Cornell University Press, 1994. chap. 21, p. 377-353.

VAZ, F.N.; RESTLE, J. Características de carcaça e da carne de novilhos Hereford terminados em confinamento com diferentes fontes de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 230-238, 2005

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y.; AZRIELE, A.; SZAKACS, G.; FILYA, I. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, Berlin, v. 28, p. 7-11, 2002.

WHEELER, T.L.; SHACKELFORD, S.D.; KOOHMARAIE, M. **Shear force procedures for meat tenderness measurement.** Clay Center: USDA, 2001. 7 p.

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**, Gaithersburg, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

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

ZINN, R.A.; SHEN, Y. An evaluation of ruminally degradable intake and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 76, p. 1280-1289, 1998.