

ARTIGO



**AUTORES:**

**Daniel César Leite  
Miranda<sup>1</sup>  
Gilson Sebastião Dias  
Júnior<sup>1</sup>  
Fernanda Lopes<sup>1</sup>  
Renata Apocalypse  
Nogueira Pereira<sup>2</sup>  
Marcos Neves Pereira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras,  
37200-000, Lavras – MG, Brasil

<sup>2</sup>Empresa de Pesquisa Agro-  
pecuária de Minas Gerais,  
Campus UFLA, 37200-000, Belo  
Horizonte – MG, Brasil

**Recebido:** 03/06/2011

**Aprovado:** 08/11/2011

**AUTOR CORRESPONDENTE:**

Gilson Sebastião Dias Júnior  
E-mail:  
gsebastiaodiasjunior@yahoo.com.br

**PALAVRAS-CHAVE:**

Hidróxido de cálcio  
*Lactobacillus buchneri*  
*Lactobacillus plantarum*  
Sorbato de potássio  
Uréia

**KEY WORDS:**

Calcium hydroxide  
*Lactobacillus buchneri*  
*Lactobacillus plantarum*  
Potassium sorbate  
Urea

## **Composição e pH de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos e microbiológicos**

### **Composition and pH of sugarcane silage with chemical and microbiological additives**

**RESUMO:** A colheita da cana-de-açúcar para ensilagem pode ser uma alternativa ao manejo alimentar tradicional da forrageira fresca. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de aditivos químicos e microbiológicos sobre a silagem da cana-de-açúcar. Um arranjo fatorial 4 x 3 de tratamentos foi aplicado à forrageira ensilada em 288 baldes plásticos. Os aditivos químicos avaliados foram: sem aditivo químico, sorbato de potássio (0,05%), uréia (1%) e cal hidratada (1%). Os aditivos microbiológicos foram: sem aditivo microbiológico, *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus buchneri* (1x10<sup>6</sup> UFC/g). Cada uma das doze combinações possíveis de tratamentos foi replicada seis vezes em cada dia de abertura dos silos: 7, 14, 28 e 77 dias após a ensilagem. A cal reduziu o teor de FDN de 79,9% da MS para 69,2% (P<0,01). A uréia e a cal aumentaram o pH da silagem, o aumento foi pronunciado no dia 77 (P<0,01 para a interação entre aditivo químico e dia de abertura). Este maior pH foi associado à ocorrência apenas no dia 77 de 39% de silagens com fermentação clostrídica com a uréia e 56% com a cal (P<0,01). A associação de sorbato de potássio com os inoculantes microbianos aumentou o teor de MS aos 7 e aos 77 dias de ensilagem, enquanto a associação de uréia com os inoculantes só afetou positivamente o teor de MS aos 77 dias. O uso de cal, em cana ensilada por menos de 28 dias, pode reduzir o teor de fibra deste alimento. Aditivos que aumentaram o pH da silagem induziram fermentação clostrídica em armazenagem prolongada da forragem.

**ABSTRACT:** The harvesting of sugarcane for ensiling may be an alternative to the traditional feeding management of daily harvesting fresh forage. The objective of this study was to evaluate the effect of chemical and microbiological additives on sugarcane silage. A 4 x 3 factorial arrangement of treatments was applied to the forage ensiled in 288 plastic buckets. The chemical additives evaluated were: without chemical additive, potassium sorbate (0,05%), urea (1%), and calcium hydroxide (1%). The microbiological additives were: without microbiological additive, *Lactobacillus plantarum*, and *Lactobacillus buchneri* (1x10<sup>6</sup> UFC/g). Each one of the twelve possible combinations of treatments was replicated six times in each day of silage opening: 7, 14, 28, and 77 days after ensiling. Calcium hydroxide reduced the NDF content from 79,9% of DM to 69,2% (P<0,01). Urea and calcium hydroxide increased silage pH, the increase was pronounced on day 77. This increased pH was associated to the occurrence only on day 77 of 39% of silages with clostridial fermentation in the urea treatment and 56% in the calcium hydroxide treatment (P<0,01). The association of potassium sorbate with microbial inoculums increased the DM content at 7 and 77 days of ensiling, while the association of urea with inoculums had a positive effect on DM content only on day 77. The use of calcium hydroxide, in sugarcane ensiled for less than 28 days, may reduce the fiber content of this feedstuff. Additives that increased silage pH induced clostridial fermentation in long term storage of the forage.

## 1 Introdução

O alimento cana-de-açúcar é capaz de conciliar a alta produção de matéria seca por hectare ao alto conteúdo energético por unidade matéria seca produzida. Apesar da utilização da cana fresca ser uma alternativa eficiente para alimentação de ruminantes, a ensilagem pode apresentar vantagens. O corte diário ou quase diário dificulta, ou mesmo inviabiliza, a utilização da cana em fazendas que trabalham com alto número de animais. A ensilagem também permite a colheita de grandes áreas em curto espaço de tempo, diminuindo a necessidade de mão-de-obra para colheita, o que também pode simplificar o manejo agrônômico da cultura.

Apesar de existirem vantagens potenciais, a ensilagem da cana-de-açúcar apresenta inconvenientes. No processo fermentativo da sacarose, conduzido majoritariamente por leveduras, pode ocorrer perda acentuada de matéria seca e de valor nutritivo, devido à conversão de açúcares em etanol, CO<sub>2</sub> e água. Aditivos químicos e microbiológicos podem ser utilizados para manipular o perfil fermentativo de silagens e reduzir perdas de matéria seca (MUCK; KUNG, 1997). O ácido sórbico, na forma de sorbato de potássio, tem sido utilizado como inibidor de leveduras pela indústria alimentícia. A adição de base forte e a conversão de uréia em amônia no silo também podem atuar beneficemente sobre a ensilagem da cana. Bactérias homofermentativas e heterofermentativas também podem ter ação favorável sobre a silagem.

O objetivo deste estudo foi avaliar os teores de matéria seca e fibra, e o pH de silagens de cana-de-açúcar tratadas com os aditivos químicos uréia, cal e sorbato de potássio, os aditivos microbiológicos *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus buchneri*, e suas interações.

## 2 Material e Métodos

A cana-de-açúcar de primeira rebrota foi colhida madura, em outubro de 2004, com aproximadamente 14 meses de crescimento após o corte da cana planta. Os colmos foram manualmente colhidos por corte rente ao solo, seguido por empilhamento sem desfolha. Estes foram introduzidos manualmente em uma colhedora (Pecus 9004, Nogueira S/A Maquinas Agrícolas, Itapira, SP) acoplada a trator e regulada para corte no menor tamanho possível de partícula.

Como as amostras foram oriundas de dois canaviais e a colheita ocorreu em dois dias consecutivos, houve a necessidade de blocagem das partidas oriundas do campo. Seis carretas de cana colhidas independentemente formaram seis blocos. De cada bloco,

foram retiradas 48 amostras com peso ao redor de 7 kg, correspondente ao peso introduzido em cada mini-silo. As 48 amostras foram aleatoriamente alocadas a uma de doze combinações possíveis de dois efeitos (Aditivo Químico ou Aditivo Microbiológico) em arranjo factorial 4 x 3 de tratamentos. Quatro fatores compuseram o efeito de Aditivo Químico: Sem aditivo químico (Controle Químico), uréia (Uréia agrícola, Petrobrás, Camaçari, BA), cal hidratada (Ouro Cal Elda Ltda., Córrego Fundo, MG) e sorbato de potássio (Sulatlantica, Rio de Janeiro, RJ). Três fatores compuseram o efeito de Aditivo Microbiológico: Sem Aditivo Microbiológico (Controle Microbiológico), *Lactobacillus plantarum* (Biomax 5<sup>®</sup>, Chr Hansen, Valinhos, SP) e *Lactobacillus buchneri* (Lalsil Cana<sup>®</sup>, Lallemand Animal Nutrition and Health, Blagnac Cedex, França). Para cada uma das 12 combinações possíveis dos dois efeitos, quatro amostras foram ensiladas por bloco para abertura aleatória após 7, 14, 28 e 77 dias de ensilagem.

A aplicação dos tratamentos à massa de cana picada ocorreu em galpão coberto e sobre lona plástica. O tempo aproximado de mistura dos tratamentos e enchimento dos 48 silos por bloco foi de 60 min. Os aditivos químicos foram diluídos em 58 L de água por tonelada de cana *in natura*, quantidade necessária para diluir a cal, enquanto os inoculantes foram diluídos em 19 L de água por tonelada de cana. Foi homogeneizada a mesma quantidade de água destilada pura nos silos sem aditivos. O objetivo foi obter as seguintes concentrações dos tratamentos por unidade de massa verde de cana: Uréia 1%; Cal 1%; Sorbato 0,05% e inoculantes 1x10<sup>6</sup> UFC/g de forragem verde.

Os mini-silos experimentais foram baldes plásticos de 35 cm de altura e 30 cm de diâmetro. A densidade das silagens foi 527 ± 13 kg (média ± desvio padrão). Após o enchimento, os silos foram tampados com lona plástica e uma camada de 10 cm de areia foi adicionada sobre a lona. As laterais da lona foram vedadas com fita plástica adesiva. Durante o período de ensilagem, os silos foram mantidos em galpão coberto e arejado.

Um silo, representando uma das 12 possíveis combinações de tratamentos em cada bloco, foi escolhido aleatoriamente para abertura nos dias 7, 14, 28 ou 77. Os silos foram totalmente esvaziados e a amostra foi homogeneizada. O pH foi medido em uma solução formada por 25 g de silagem, diluída em 225 mL de água destilada e homogeneizada por um minuto em liquidificador. Uma amostra de silagem foi congelada e armazenada até a realização das análises laboratoriais.

As amostras foram desidratadas em estufa com

ventilação forçada a 58 °C por 72 h. Após esta pré-secagem, as amostras foram moídas em moinho estacionário tipo Thomas-Wiley com crivo de 1 mm. O teor de matéria seca a 100 °C (MS100) foi determinado por desidratação a 100 °C por 24 h da amostra pré-seca e moída. O teor de FDN foi determinado por um determinador de fibra TE – 149 (Tecnal Equipamentos para Laboratório Ltda, Piracicaba, SP), usando amilase e sulfito de sódio. O teor de matéria seca das amostras também foi determinado por destilação em tolueno (MStol) (McDONALD; DEWAR, 1960). A uma amostra de 30 g de silagem foi adicionado cerca de 200 mL de tolueno, suficiente para cobrir a amostra. A diferença entre a MStol e a MS100 (DIF) foi calculada e utilizada como um indicador de compostos voláteis nas amostras.

Os dados foram analisados pelo procedimento GLM do SAS (1988) pelo modelo:  $Y_{ijkl} = \mu + B_i + Q_j + M_k + QM_{jk} + D_l + QD_{jl} + MD_{kl} + QMD_{jkl} + e_{ijkl}$ . Onde:  $\mu$  = média geral,  $B_i$  = efeito de bloco ( $i = 1$  a 6),  $Q_j$  = efeito de aditivo químico ( $j =$  Controle Químico, Sorbato, Uréia, Cal).  $M_k$  = efeito de aditivo microbiológico ( $k =$  Controle Microbiológico, *L. plantarum*, *L. buchneri*),  $QM_{jk}$  = interação entre aditivo químico e aditivo microbiológico,  $D_l$  = efeito de dia de abertura ( $l = 7, 14, 28$  e  $77$ ),  $QD_{jl}$  = interação entre aditivo químico e dia de abertura,  $MD_{kl}$  = interação entre aditivo microbiológico e dia de abertura,  $QMD_{jkl}$  = interação entre aditivo químico, aditivo microbiológico e dia de abertura,  $e_{ijkl}$  = erro residual.

Três contrastes ortogonais com um grau de liberdade foram testados para o efeito de Aditivo Químico: Controle Químico versus Cal, Controle Químico versus Sorbato e Controle Químico versus Uréia. Dois contrastes foram testados para o efeito de Aditivo Microbiológico: Controle Microbiológico versus *L. buchneri* e Controle Microbiológico versus *L. plantarum*. A frequência de silagens anormais no 77<sup>o</sup> dia foi analisada pelo teste de Qui-Quadrado contido no procedimento FREQ do SAS.

### 3 Resultados e Discussão

Relativamente ao controle químico, os aditivos químicos Uréia e Cal induziram maior pH nas silagens, coerente com ao observado na literatura (BOODOO; DELAITRE; PRESTON, 1977; CASTRO NETO, 2003; PEDROSO, 2003), sendo que não foi detectado efeito dos aditivos microbiológicos sobre esta variável (Tabela 1). O pH das silagens no Uréia e Cal foi mais alto em todos os dias de abertura dos silos, acentuando-se aos 77 dias de ensilagem (Figura 1). Não houve efeito da associa-

ção entre aditivos químicos e microbiológicos sobre os valores de pH ao longo do tempo.

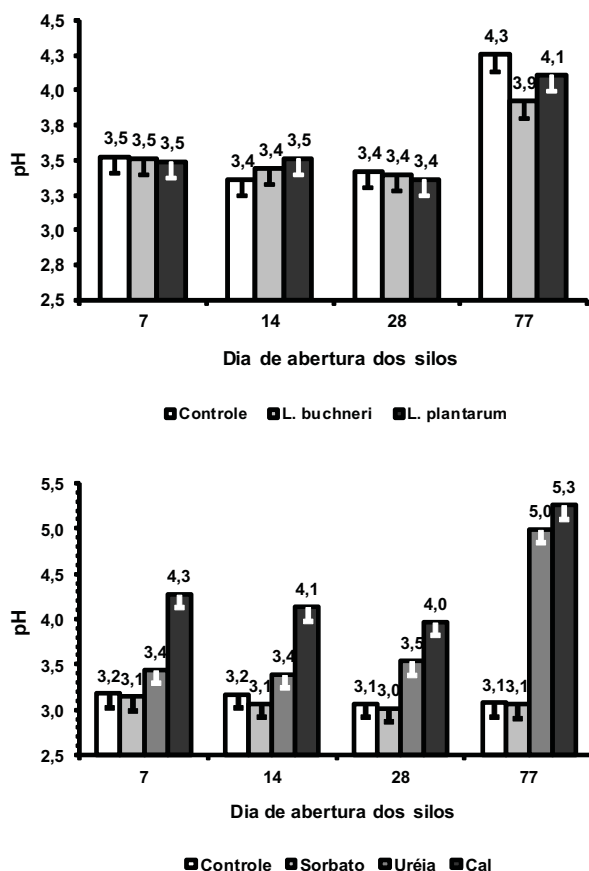
O aumento acentuado do pH no 77<sup>o</sup> dia se explica pela alta incidência de silagens deterioradas neste dia de abertura dos silos (Tabela 2). Nas silagens deterioradas, toda a massa ensilada tinha uma coloração que variou entre as tonalidades marron-escuro e preta. A ocorrência de silagens deterioradas foi observada apenas no tempo mais longo de ensilagem, o odor não típico de silagem de cana e o pH acima de 4,8, sugerem a ocorrência de fermentação clostrídica (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). O pH das 17 silagens deterioradas nos tratamentos Uréia e Cal foi  $6,63 \pm 1,17$  (média  $\pm$  desvio padrão), variando de 4,81-8,54. Apesar de não terem sido encontrados relatos publicados relacionando o uso destes aditivos químicos a esta ocorrência, com base nestes dados, a inoculação de silagens de cana com uréia ou cal só poderia ser recomendada apenas para ensilagens por tempo inferior a 28 dias.

**Tabela 1.** Matéria seca medida por desidratação (MS100), por destilação com tolueno (MStol), diferença entre a MStol e a MS100 (DIF), teor de FDN e pH de silagens de cana-de-açúcar submetidas ou não à aditivação.

	MS100	MStol	DIF	FDN	pH
Efeito de aditivo químico					
Cont Q <sup>1</sup>	22,0	26,8	4,8	79,9	3,12
Sorb <sup>1</sup>	22,7	30,2	7,0	76,7	3,07
Uréia	22,1	27,6	5,4	78,5	3,84
Cal	24,4	30,6	6,1	69,2	4,41
EPM <sup>2</sup>	0,17	0,95	0,94	0,63	0,071
Efeito de aditivo microbiológico					
Cont M <sup>1</sup>	22,5	29,3	6,8	76,4	3,64
Buch <sup>1</sup>	23,0	27,4	4,1	76,4	3,57
Plant <sup>1</sup>	23,0	29,7	6,6	75,3	3,62
EPM	0,15	0,83	0,82	0,55	0,062
Efeito de dia de abertura dos silos					
7	24,3	30,0	5,8	71,3	3,51
14	22,9	29,7	6,7	75,1	3,44
28	22,7	28,5	5,7	77,9	3,39
77	21,4	26,9	5,1	79,9	4,09
EPM	0,17	0,96	0,94	0,63	0,071
P para os efeitos e suas interações					
Quim <sup>3</sup>	<0,01	0,01	0,37	<0,01	<0,01
Micro <sup>4</sup>	0,03	0,11	0,04	0,30	0,71
Quim*Micro	0,07	0,01	0,04	0,18	0,32
Dia <sup>5</sup>	<0,01	0,08	0,63	<0,01	<0,01
Dia*Quim	<0,01	0,62	0,63	<0,01	<0,01
Dia*Micro	0,33	0,34	0,37	0,68	0,70
Dia*Quim*Micro	0,04	0,88	0,68	0,34	0,32
P para os contrastes					
Cont Q vs Sorb	<0,01	0,01	0,09	<0,01	0,61
Cont Q vs Uréia	0,48	0,53	0,65	0,13	<0,01
Cont Q vs Cal	<0,01	<0,01	0,33	<0,01	<0,01
Cont M vs Buch	0,02	0,11	0,03	0,93	0,41
Cont M vs Plant	0,02	0,73	0,89	0,19	0,80

<sup>1</sup> Cont Q = Controle Químico. Cont M = Controle Microbiológico. Sorb = Sorbato de Potássio.

Buch = *L. buchneri*. Plant = *L. plantarum*. <sup>2</sup>EPM = Erro padrão das médias. <sup>3</sup>Quim = Efeito de aditivo químico (Cont Q vs Cal vs Sorb vs Uréia). <sup>4</sup>Micro = Efeito de aditivo microbiológico (Cont M vs *L. buchneri* vs *L. plantarum*). <sup>5</sup>Dia = Efeito de dia de abertura dos silos (7, 14, 28 e 77 dias após a ensilagem).



**Figura 1.** Efeito de aditivos químicos e microbiológicos sobre o pH de silagens de cana-de-açúcar após 7, 14, 28 e 77 dias de ensilagem.  $P \geq 0,01$  para a interação entre o efeito de aditivo químico e o efeito do dia de abertura.  $P > 0,70$  para o efeito de aditivo microbiológico e para a interação entre este efeito e o efeito do dia de abertura.

Questões ligadas à armazenagem ou à vedação das silagens não explicam a alta incidência de silagens deterioradas. Todos os silos estavam adequadamente vedados e alocados em um galpão coberto durante o experimento. A não observância de deterioração nos tratamentos Controle Químico e Sorbato, também evidência que este foi um problema nos tratamentos Cal e Uréia (Tabela 2). A queda no pH destas silagens pode não ter sido rápida ou de magnitude suficiente para controlar o crescimento de clostrídios (TETLOW; MASON, 1987). O crescimento destes microrganismos pode se acentuar em silagens armazenadas por tempo prolongado (SINGH et al., 1996), o que explicaria a ocorrência apenas nas silagens abertas aos 77 dias.

**Tabela 2.** Frequência de silagens de cana-de-açúcar deterioradas após 77 dias de estocagem.

	Observações	% de anormais
Controle Químico	18	0
Sorbato de potássio	18	0
Uréia	18	38,9
Cal	18	55,6
Chi-Quadrado para o efeito de aditivo químico		$P < 0,01$
Controle Microbiológico	24	27,3
<i>Lactobacillus buchneri</i>	24	21,7
<i>Lactobacillus plantarum</i>	24	25,0
Chi-Quadrado para o efeito de aditivo microbiológico		$P = 0,91$

A adição de sorbato de potássio, um inibidor de clostrídios (WOOLFORD, 1975), não foi o fator determinante do não aparecimento de fermentação clostrídica nas silagens, já que a incidência de silagens deterioradas também foi nula no Controle Químico (Tabela 2). A composição das silagens deterioradas diferiu da composição das silagens normais, mas a diferença não foi tão grande a se julgar pela disparidade no odor e cor. No tratamento Cal, a composição das 10 silagens deterioradas e das 8 normais foram, respectivamente: 21,9 e 23,5% da MN para a MS100; 29,4 e 29,0% da MN para a MS-tol e 74,1 e 70,1% da MS100 para a FDN. No tratamento Uréia, a composição das 7 silagens deterioradas e das 11 normais foram, respectivamente: 19,0 e 22,0% da MN para a MS100; 22,8 e 26,0% da MN para a MStol e 83,4 e 81,5% da MS100 para a FDN. As silagens deterioradas não foram removidas do banco de dados, já que a ocorrência de fermentação clostrídica aos 77 dias de ensilagem foi uma resposta aos tratamentos.

Duas mensurações de teor de matéria seca foram adotadas nesta pesquisa, a MS100 e a MStol. Apesar de a MStol ser teoricamente mais correta, por incluir os ácidos orgânicos e o etanol na determinação da MS, o erro padrão das médias para esta variável foi 5,5 vezes superior ao observado para a MS100 (Tabela 1), demonstrando que a técnica de mensuração da MS determinou a variabilidade na característica. A técnica de tolueno envolveu a amostragem de cerca 30 g de amostra fresca da silagem, o que pode ter colaborado para reduzir a precisão nos valores medidos, provavelmente pela dificuldade de amostragem. A utilização da técnica de tolueno, comparativamente a métodos de determinação da MS em amostras moídas e desidratadas em estufa, parece exigir maior número de unidades

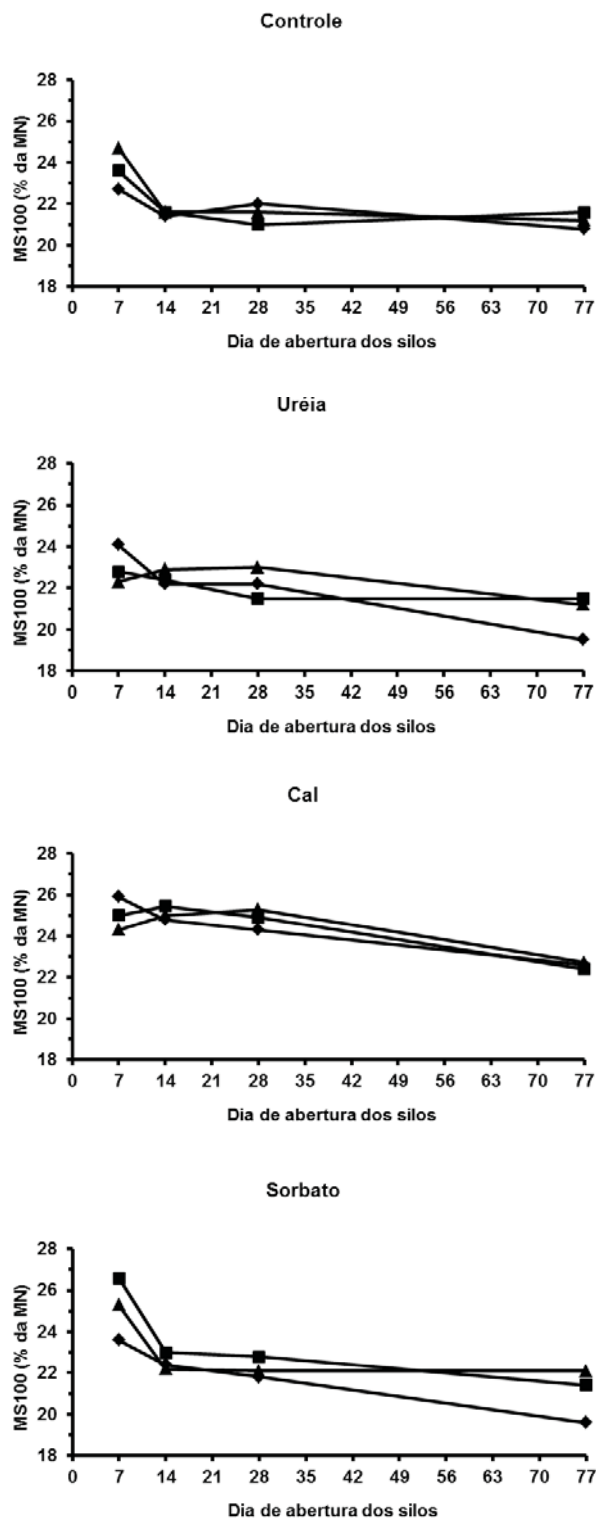


experimentais para que uma mesma diferença numérica obtenha suporte estatístico.

A resposta em MS100 aos aditivos químicos foi semelhante à resposta em MS100 e a queda nestas duas variáveis ao longo dos dias de ensilagem também foi similar (Tabela 1). Uma vez que não foi observada perda de umidade por efluente, maior teor de MS pode ter sido resultado do menor catabolismo de MS durante a ensilagem, ou menor formação de água como subproduto da fermentação de carboidratos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A queda no teor de MS com o avançar dos dias de ensilagem (Tabela 1), parece refletir o relacionamento entre a perda de MS e o teor de MS na planta (PEDROSO et al., 2005). Assumindo que o teor de MS seria um indicador razoável da perda de MS, tanto o sorbato de potássio quanto a cal afetaram positivamente esta variável, enquanto a uréia não surtiu efeito detectável.

Distintamente do observado para os aditivos químicos, o efeito dos aditivos microbiológicos sobre as duas variáveis descrevendo o teor de MS das silagens não ocorreu de forma a demonstrar uma tendência similar (Tabela 1). Não houve poder estatístico para detectar diferenças significativas na MS100 em resposta ao uso de aditivos microbiológicos. Entretanto, os dois contrastes foram significativos quando o efeito dos aditivos microbiológicos sobre a MS100 foram testados. A julgar pela resposta em MS100, os dois inóculos microbianos foram ativos e aparentemente tiveram efeito benéfico sobre a silagem de cana por aumentar o teor de nutrientes não voláteis no alimento.

A interação de três termos (Dia x Aditivo Químico x Aditivo Microbiológico) para a variável MS100 foi significativa (Tabela 1). Os tratamentos Uréia e Cal resultaram em teor de MS mais constante ao longo do período de ensilagem (Figura 2), apesar de o teor médio ter sido maior na Cal (Tabela 2). Nos tratamentos Sorbato e Cal a MS100 foi semelhante no 7º dia após a ensilagem, mas no tratamento Sorbato seguiu-se uma queda proporcionalmente maior na MS100 entre os dias 7 e 14 (Figura 2). A associação de Sorbato com inóculos microbianos resultou em MS100 aos 7 e aos 77 dias de ensilagem maior que o Controle Microbiológico, o mesmo ocorrendo para a associação entre Uréia e aditivos microbiológicos aos 77 dias de ensilagem.



**Figura 2.** Teor de matéria seca determinada por secagem a 100 °C (MS100) de silagens de cana-de-açúcar ensiladas por 7, 14, 28 e 77 dias e submetidas a quatro aditivos químicos (Controle Químico, Sorbato, Uréia e Cal) em arranjo fatorial de tratamentos com três aditivos microbiológicos (Controle Microbiológico ◆, *L. buchneri* ■, *L. plantarum* ▲).  $P = 0,04$  para a interação entre aditivo químico, aditivo microbiológico e dia de abertura dos silos.

A associação de inóculos microbianos com uréia e sorbato de potássio, agentes químicos capazes de inibir leveduras em silagens (ALLI; FAIRBAIRN; BAKER, 1983; WOOLFORD, 1975), induziu maior MS100 (Figura 2). Para a associação entre os aditivos microbiológicos e uréia, o efeito observado apenas aos 77 dias de ensilagem pode ter ocorrido em função do tempo necessário para a conversão de uréia em amônia, já que a última é responsável pela ação antimicrobiana da uréia (BRITT; HUBER; ROGERS, 1975). No tratamento Uréia, o teor de MS100 no 7º dia foi levemente inferior ao Controle Químico (Figura 2), evidenciando o efeito agudo indesejável deste aditivo químico, provavelmente mediado pelo maior valor do pH (Figura 1). Algum produto fermentativo dos aditivos microbiológicos (RANJIT; KUNG Jr., 2000) pode ter interagido com a presença da amônia, sendo também capaz de aumentar a MS100 aos 77 dias de ensilagem no tratamento Uréia, mesmo sem ter afetado a MS100 no início do processo fermentativo.

Mecanismo semelhante ao observado para a associação entre uréia e os dois aditivos microbiológicos, seria uma explicação plausível para a resposta similar em MS100 aos 77 dias à associação entre sorbato de potássio e estes inóculos microbianos (Figura 2). O uso de aditivos microbiológicos no Controle Químico não exerceu efeito sobre a MS100, sugerindo que o uso simultâneo de agentes químicos capazes de inibir o crescimento de leveduras pode ser necessário para que aditivos microbiológicos atuem na ensilagem da cana-de-açúcar. Existem relatos sobre a incapacidade de inóculos microbianos, usados como aditivo único, de alterar características fermentativas e a composição química de silagens de cana (FREITAS et al., 2006a; FREITAS et al., 2006b).

PEDROSO (2003) observaram que a perda de MS na forma de gases em silagem de cana foi crescente até 15 dias da ensilagem e foi maior, mas estável, em amostras obtidas entre 45 e 180 dias. Neste trabalho, a atividade microbiana foi baixa após 45 dias de ensilagem, mas não foi definido o momento entre 15 e 45 dias no qual teria sido atingida a estabilidade na perda de nutrientes. Em geral, assume-se que o desenvolvimento de leveduras pode ser prolongado devido à baixa inibição destes microorganismos pelo baixo pH das silagens (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A abertura do silo aos 77 dias representou eventos ocorridos desde o 28º dia da ensilagem, podendo ser esperada a ocorrência de metabolismo micro-

biano anaeróbico no intervalo entre as duas últimas amostragens experimentais.

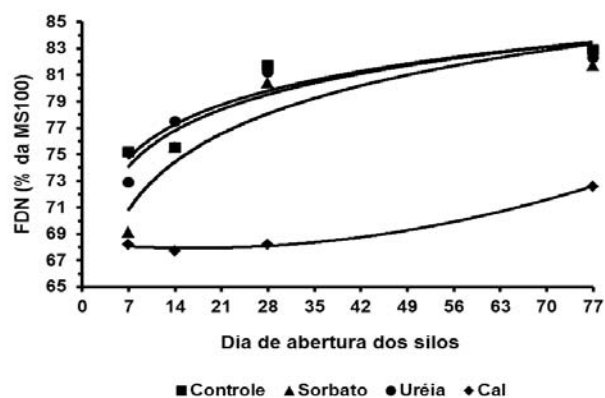
Em presença de sorbato de potássio e no Controle Químico, o uso dos aditivos microbianos atuou positivamente sobre a MS100 sete dias após a ensilagem (Figura 2). Entretanto, neste dia, a associação de sorbato de potássio com os inoculantes parece ter amplificado a ação dos últimos, comparativamente ao uso isolado do inóculo microbiano. A presença de cal na silagem resultou em ausência de efeito dos inoculantes sobre a MS100 (Figura 2). Os inoculantes microbianos também não atuaram sobre a MS100 até 28 dias após a ensilagem, quando esta continha uréia. Estes dados sugerem que o efeito de curto prazo dos inoculantes pode ser dependente da redução do pH, mais alto nos tratamentos Uréia e Cal (Tabela 2, Figura 2).

WOOLFORD (1975) observou que o efeito inibitório de alguns ácidos graxos voláteis sobre o crescimento de leveduras foi maior quando o valor do pH foi mais baixo. Entretanto, o maior valor de pH no tratamento com Cal foi associado a um maior valor de MS100, mostrando a ação benéfica deste aditivo sobre o teor de MS, independentemente do pH da silagem. PEDROSO (2003) observou que, apesar do pH mais alto da silagem relativamente ao controle não tratado, a incorporação de NaOH à silagem de cana reduziu a perda de MS. Argumenta-se que o hidróxido de cálcio poderia inibir a atividade enzimática dos tecidos da planta e também coibir a atividade microbiana (ESTELA et al., 1995).

Um mecanismo para a ação positiva sobre a MS100 do sorbato de potássio associado a inóculos microbianos será especulativamente proposto, já que análises detalhadas dos produtos fermentativos e de populações microbianas nas silagens não foram executadas neste experimento. As curvas de variação no teor de FDN das silagens (Figura 3) indicam que a adição de sorbato de potássio à silagem foi tão eficiente na manutenção de baixo teor de FDN sete dias após a ensilagem quanto a solubilização da parede celular por álcali no tratamento Cal (JACKSON, 1977). Entretanto, o efeito do sorbato de potássio sobre o teor de FDN não permaneceu a partir de 14 dias da ensilagem, sugerindo que pode ter ocorrido efeito rápido e de curta duração deste aditivo sobre a população microbiana na silagem (WOOLFORD, 1975). Uma possível inibição da população ou do metabolismo de leveduras (PEDROSO, 2003; WEINBERG; ASHBELL; HOREY, 1989) no início do processo fermentativo, pode ter favorecido o crescimento ou o metabolismo dos microorganismos nos inóculos microbianos. Este

fato pode ter resultado em menor catabolismo de carboidratos solúveis no início do processo fermentativo, provavelmente decorrente de um favorecimento à produção de ácidos graxos voláteis em detrimento da produção de etanol (ALLI; BAKER, 1982), reduzindo a queda no teor de MS100 (Figura 2) e retardando o aumento pós-ensilagem do teor de FDN (Figura 3).

Considerando que tanto o *L. buchneri* quanto o *L. plantarum* foram igualmente efetivos na manutenção da MS100 77 dias após a ensilagem nos tratamentos Sorbato e Uréia (Figura 2), o fato de o produto metabólico comum a estes microrganismos ser o lactato (RANJIT; KUNG JR., 2000) sugere que uma maior concentração deste ácido orgânico, produzido no início do processo fermentativo, pode ter inibido o crescimento de microrganismos indesejáveis na fase final da ensilagem. Moon (1983) observou que todos os ácidos graxos voláteis podem inibir o crescimento de bactérias e leveduras, apesar de bactérias homofermentativas produtoras de ácido láctico serem pouco efetivas para reduzir a população de leveduras em silagens (BOLSEN; LIN; BRENT, 1992; PEDROSO, 2003; RANJIT; KUNG JR., 2000). Os inoculantes microbianos foram efetivos apenas quando associados aos inibidores de leveduras uréia e sorbato de potássio, e tiveram efeito mais marcado no período de ensilagem mais prolongado, aquele de menor disponibilidade de carboidratos não fibrosos, fatores que podem ter atuado sinergicamente à presença de algum produto fermentativo microbiano.

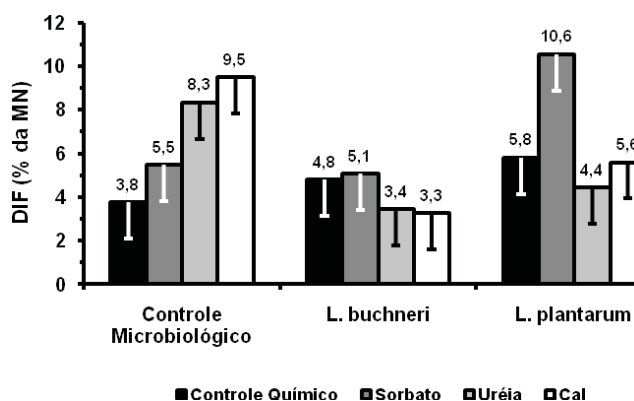


**Figura 3.** Efeito de aditivos químicos sobre o teor de FDN de silagens de cana-de-açúcar após 7, 14, 28 e 77 dias de ensilagem.  $P < 0,01$  para a interação entre o efeito de aditivo químico e o efeito do dia de abertura. FDN no Controle Químico (% da MS100) =  $70,444 + 3,0767 (\text{Ln dia})$ ,  $r^2 = 0,87$ . FDN no Sorbato (% da MS100) =  $60,669 + 5,22217 (\text{Ln dia})$ ,  $r^2 = 0,87$ . FDN na Uréia (% da MS100) =  $66,495 + 3,9082 (\text{Ln dia})$ ,  $r^2 = 0,89$ . FDN na Cal (% da MS100) =  $68,293 - 0,0431 \text{ dia} + 0,0013 \text{ dia}^2$ ,  $r^2 = 0,99$ .

Cerca de 80% da MS total nas silagens (MStol) foi composta por nutrientes não voláteis (MS100)

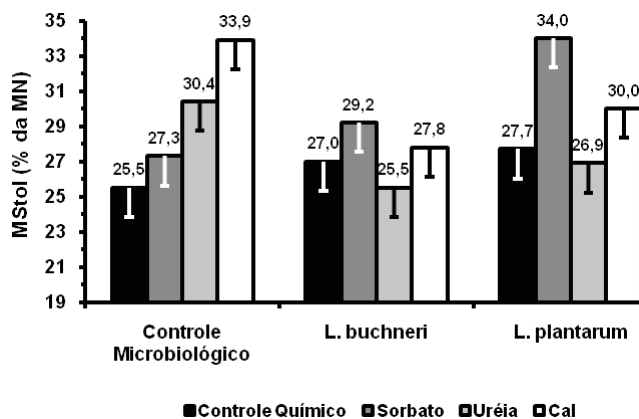
(Tabela 1). Assumindo que estimativas máximas do conteúdo de etanol em silagens de cana variam de 7 a 15% da MS (ALLI; BAKER, 1982; KUNG JR; STANLEY, 1982; PEDROSO, 2003), algum conteúdo de ácido orgânico parece estar presente nestas silagens, sugerindo que outras rotas metabólicas não produtoras de etanol ocorrem durante o processo fermentativo da sacarose no silo. Este fato deve ser considerado quando se avalia o potencial de uso de inoculantes microbianos em silagens de cana, mesmo sabendo que o efeito destes aditivos sobre a composição das mesmas não tem sido marcado (FREITAS et al., 2006a; FREITAS et al., 2006b; PEDROSO, 2003). Estratégias capazes de favorecer estes microrganismos podem ser necessárias para efetivamente atuar sobre o perfil fermentativo de silagens de cana aditivadas com inóculos microbianos homo ou heterofermentativos (RANJIT; KUNG JR., 2000).

Houve tendência ( $P = 0,09$ ) de aumento na DIF no tratamento Sorbato (Tabela 1). Este efeito foi decorrente da resposta positiva em DIF quando este aditivo químico foi associado a *L. plantarum* (Figura 4). O teor de MStol nas silagens (Figura 5) refletiu a variação observada na estimativa de seus componentes voláteis (Figura 4). Este fato pode ser reflexo da maior atividade fermentativa do inóculo com *L. plantarum* quando leveduras foram concomitantemente inibidas pelo aditivo químico. Resposta similar não foi observada para o *L. buchneri*. É curiosa a alta produção de compostos voláteis quando uréia e cal aditivaram as silagens não aditivadas com inóculo microbiano. Discorrer sobre os mecanismos envolvendo estas observações seria pura especulação não fundamentável pelos dados aqui obtidos.



**Figura 4.** Teor de MS determinado por destilação em tolueno subtraída da MS determinada por desidratação em estufa (DIF) em silagens de cana-de-açúcar. As forragens foram ensiladas por 7, 14, 28 e 77 dias e submetidas a quatro aditivos químicos (Controle Químico, Sorbato, Uréia e Cal) em arranjo fatorial de tratamentos com três aditivos microbiológicos (Controle Microbiológico, *L. buchneri*, *L. plantarum*).  $P=0,04$  para a interação entre o efeito de aditivo químico e o efeito de aditivo microbiológico.

A queda induzida pelo tratamento Cal no teor de FDN das silagens (Tabela 1) pode ser interessante nutricionalmente. O teor de fibra, um nutriente de baixa digestibilidade na cana (ANDRADE; PEREIRA, 1999; CORRÊA et al., 2003), é o maior determinante químico da digestibilidade neste alimento (TEIXEIRA, 2004). O sorbato de potássio também induziu a uma queda no teor de FDN (Tabela 1), mas esta queda foi determinada pelo baixo teor de FDN sete dias após a ensilagem (Figura 3). Portanto, este é um tratamento pouco promissor para atuar sobre o teor deste nutriente em silagens comerciais. O menor teor de fibra observado sete dias após a ensilagem evidencia a ação rápida do álcali sobre este nutriente (Figura 3).



**Figura 5.** Teor de MS determinado por destilação em tolueno (MSStol) em silagens de cana-de-açúcar. As forragens foram ensiladas por 7, 14, 28 e 77 dias e submetidas a quatro aditivos químicos (Controle Químico, Sorbato, Uréia e Cal) em arranjo fatorial de tratamentos com três aditivos microbiológicos (Controle Microbiológico, *L. buchneri*, *L. plantarum*).  $P = 0,01$  para a interação entre o efeito de aditivo químico e o efeito de aditivo microbiológico.

A aditivação da silagem de cana com cal pode ser interessante para períodos de ensilagem inferiores a 28 dias, uma vez que a ocorrência de fermentação clostrídica não foi associada a esse período de armazenamento da forragem. Assumindo que o período de utilização do alimento ocorrerá entre 7 e 28 dias após a ensilagem, esta estratégia pode propiciar o corte concentrado da forragem a cada três semanas, o que pode ser operacionalmente interessante em fazendas leiteiras.

O aumento no teor de FDN aparentemente atingiu um platô após 28 dias de ensilagem nos tratamentos Uréia, Sorbato e Controle Químico, enquanto que nas silagens com Cal ocorreu aumento no teor de fibra entre os dias 28 e 77 de ensilagem (Figura 3). Como o teor de FDN das silagens acometidas pela fermentação clostrídica foi seme-

lhante ao teor de FDN das silagens normais na Cal (74,1 e 70,1% da MS100), o aumento no teor de fibra parece ser decorrente do período de estocagem, coerente com a queda observada na MS100 aos 77 dias de ensilagem neste tratamento (Figura 2). A aditivação com este álcali parece não ter sido capaz de evitar a ocorrência de atividade microbiana na cana ensilada pelo período mais longo adotado neste trabalho.

## Conclusões

A associação entre sorbato de potássio e inoculantes microbianos melhorou a ação de microorganismos tanto homo quanto heterofermentativos na ensilagem da cana. Entretanto, o efeito dos inoculantes microbianos sobre o teor de matéria seca foi pequeno. O uso de aditivos capazes de aumentar o pH, ao longo de períodos prolongados de ensilagem, pode induzir a ocorrência de fermentação clostrídica da cana. Justifica-se o uso de cal em ensilagens de cana por períodos inferiores a 28 dias, como forma de reduzir o teor de fibra neste alimento.

## Referências

- ALLI, I.; BAKER, B.E. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. *Animal Feed Science and Technology*, v.7, n.4, p.411-417, 1982.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effect of ammonia on fermentation of chopped sugarcane. *Animal Feed Science and Technology*, v.9, n.4, p.291-299, 1983.
- ANDRADE, M.A.F; PEREIRA, M.N. Performance of Holstein heifers on fresh sugarcane as the only dietary forage. *Journal of Dairy Science*, v.82(Suppl.1), p.91, 1999.
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.
- BOODOO, A.N.; DELAITRE, J.C.; PRESTON, T.R. Ensiling sugar cane tops with different additives. *Tropical Animal Production*, v.2, n.2, p.185-188, 1977.
- BRITT, D.G.; HUBER, J.T.; ROGERS, A.L. Fungal growth and acid production during fermentation and re-fermentation of organic acid treated corn silages. *Journal of Dairy Science*, v.58, n.4, p.532-539, 1975.



- CASTRO NETO, A.G. Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos. Belo Horizonte, 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Lavras, 2003.
- CORREA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of holstein cows fed sugarcane or corn silage of different grain textures. *Scientia Agricola*, v.60, n.4, p.621-629, 2003.
- ESTELA, C.; SYDNEY, G.B.; BAMMANN, L.L.; FELIPPE JUNIOR, O. Mechanism of action of calcium and hydroxyl ions of calcium hydroxide on tissue and bacteria. *Brazilian Dental Journal*, v.6, n.2, p.85-90, 1995.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo de colheita de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.38-47, 2006.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo de colheita de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.1, p.48-59, 2006.
- JACKSON, M.G. Review article: The alkali treatment of straws. *Animal Feed Science and Technology*, v.2, p.105-130, 1977.
- KUNG Jr., L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. *Journal of Animal Science*, v.54, n.4, p.689-696, 1982.
- MCDONALD, P.; DEWAR, W.A. Determination of dry matter and volatiles in silage. *Journal of Science of Food and Agriculture*, v.11, n.10, p.566-570, 1960.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid-tolerant yeasts by acetate, lactate, propionate, and their synergistic mixtures. *Journal of Applied Bacteriology*, v.55, n.3, p.453-460, 1983.
- MUCK, R.E.; KUNG JR., L. Effects of silage additives on ensiling. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Proceedings of the Silage: Field to Feedbunk North American Conference, Hershey, Pennsylvania. NRAES-99. p.187-199, 1997.
- PEDROSO, A.F. Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Piracicaba, 2003. Dissertação (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agricola*, v.62, n.5, p.427-432, 2005.
- RANJIT, N.K.; KUNG Jr., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.3, p.526-535, 2000.
- SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc., Cary, NC. 1988.
- SINGH, K.; HONING, H.; WERMKE, M.; ZIMMER, E. Fermentation pattern and changes in cell wall constituents of straw-forage silages, straws and partners during storage. *Animal Feed Science Technology*, v.61, n.1, p.137-153, 1996.
- TEIXEIRA, C.B. Determinantes da degradabilidade entre clones de cana-de-açúcar no rúmen de bovinos. Lavras, 2004. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.
- TETLOW, R.M.; MASON, V.C. Treatment of whole-crop cereals with alkali. 2. Voluntary intake and digestibility by sheep of rye, barley and wheat crops ensiled with sodium hydroxide. *Animal Feed Science and Technology*, v.18, n.4, p.271-281, 1987.
- WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HOREY, B. The effect of sorbic acid on loss reduction during storage of orange peels. *Journal of Science of Food and Agriculture*, v.46, n.3, p.253-258, 1989.
- WOOLFORD, M.K. Microbial screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. *Journal of Science of Food and Agriculture*, v.26, n.2, p.229-237, 1975.