

JUCILENE CAVALI

**CANA-DE-AÇÚCAR ENSILADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO,  
CAPIM-ELEFANTE OU INOCULANTE BACTERIANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C376c  
2006

Cavali, Jucilene, 1981-

Cana-de-açúcar ensilada com óxido de cálcio, capim-  
elefante ou inoculante bacteriano / Jucilene Cavali. –  
Viçosa : UFV, 2006.  
xiv, 60f. : il. ; 29cm.

Orientador: Odilon Gomes Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Silagem - Efeito de aditivos. 2. Cana-de-açúcar -  
Nutrição. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.0862

JUCILENE CAVALI

**CANA-DE-AÇÚCAR ENSILADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO,  
CAPIM-ELEFANTE OU INOCULANTE BACTERIANO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de setembro de 2006.

---

Prof. Rasmão Garcia  
(Co-orientador)

---

Prof. Sebastião de Campos Valadares  
Filho (Co-orientador)

---

Prof. Mário Fonseca Paulino

---

Prof. José Maurício de Souza Campos

---

Prof. Odilon Gomes Pereira  
(Orientador)

*“Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, pois cada pessoa é  
única, e nenhuma substitui outra”.*

*Cada um que passa em nossa vida, passa sozinho, mas não sai só, nem nos  
deixa só: leva um pouco de nós mesmos, deixam um pouco de si mesmos.*

*Há os que levam muito, mas não há os que não deixam nada.*

*Essa é a maior responsabilidade de nossa vida.*

*É a prova evidente que duas almas não se encontram por acaso.”*

*Saint Exupéry*

A meus amados pais, Hilário e Alice, por tudo que significam em minha vida, por não medirem esforços para minha formação pessoal, pela confiança, pelo exemplo de luta, pela simplicidade e dedicação.

Ao meu querido irmão, Diones, pelo apoio afetivo, carinho imensurável e pela torcida ao longo de minha vida.

Às famílias que me acolheram como filha ao longo dos estudos: família Dermoni; família Russel Reis e família Nunes dos Santos, pela confiança, pelo carinho e amizade, tornando minha vida mais feliz.

Ao Doutor Judson Ferreira Valentim, pela amizade, por todos os ensinamentos e por ser um referencial de conduta profissional em minha vida.

Ao meu namorado, Marlos, pelo amor e carinho, pela especial convivência e pelo constante incentivo, sempre me apoiando de forma agradável e amiga, o que foi fundamental para realização do meu trabalho.

A todos aqueles que tiveram sabedoria para me incentivar, tempo para me ouvir, paciência para me ensinar e compreensão pela minha ausência.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela presença e luz na minha vida, e por me dar força e esperança para que eu possa alcançar os meus objetivos.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, por ter possibilitado a realização deste curso. À Universidade Federal do Acre pela formação acadêmica básica.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo, que me possibilitou estudar e desfrutar de uma vida mais agradável em Viçosa.

Ao Professor Odilon Gomes Pereira, pela orientação, pelos conselhos no decorrer do mestrado, pela disposição em ajudar no que fosse preciso e pelo exemplo de dedicação em seus trabalhos.

Ao engenheiro de alimentos Haroldo Santiago Coutinho, da Empresa BIOTRADE Indústria e Comércio, pelo fornecimento do inoculante utilizado no experimento.

Aos Co-orientadores, professor Sebastião de Campos Valadares Filho pela atenção e versatilidade em encontrar soluções e pelo exemplo de dedicação em busca da melhoria do Departamento de Zootecnia e professor Rasmão Garcia pelos ensinamentos e atenção no decorrer do curso.

Aos demais membros da banca, José Maurício e Mário Fonseca Paulino, pelas sugestões na melhoria do trabalho e pela contribuição em momentos de dúvida.

Aos professores Edenio Detmann e Paulo Roberto Cecon, pelo exemplo de dedicação e por ter contribuído nas análises estatísticas do trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal do Acre: Edson Carvalho, Luzanira, Henrique, Marco Antônio, Ribamar, Graça, Emanuel e às irmãs Jeni e Janá, pela contribuição na minha formação acadêmica, e em especial à professora Andréia (PZ), pela amizade, confiança e por ter apoiado e acreditado no meu potencial.

Ao Dr. Judson Ferreira Valentim, Aloísio Cavalcante e Carlos Maurício Soares de Andrade, pela dedicação ao que fazem; sempre na busca de pesquisar para melhorar a pecuária do nosso País; que nesta fase despertou-me o interesse pela pesquisa; pela confiança; e pela orientação, que com certeza contribuiu para o meu crescimento profissional e pessoal.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal e DZO/UFV: especialmente ao Raimundo, Monteiro, Celeste, Rosana, Joécio, Edson, Fernando, Venâncio, Mário, Wellington, Valdir e Vera, por estarem sempre aptos a ajudar no que fosse preciso, principalmente durante as análises laboratoriais.

Aos estagiários e amigos do laboratório: Lorena, Daniel, Isabela, Lílian, Bruno, Joseane, Eliza, pelo auxílio e pela amizade.

Aos amigos Giordano, Dalton, Zé Augusto, Éden (Chicão), Américo e Kátia Gobbi, pelo exemplo de confiança; Andréia (Déia), Victor e Eloísa (Elô), João Paulo (Toquinho), Darcilene, Márcia, Fabiana, Tonucci, Mônica, Fernanda Chizzotti, Marcos Marcondes, Belmiro, enfim, à todos aqueles que agora não me lembro, não pela falta de consideração, mas simplesmente por no momento a memória me faltar os nomes, também muito importantes, que fizeram e fazem parte da minha história, por terem propiciado momentos de alegria.

Especialmente à minha amiga Juliana (Carioca), pela amizade sincera, pelos momentos compartilhados de alegria e pelo apoio nos momentos de dificuldade.

Ao amigo Acreano, pela amizade, pelo grande incentivo e pela colaboração para que viesse prestar a seleção de mestrado.

Às amigas de república, Rafa, Jeisy, Lenilda, Paula, Flávia e Renata, pela prazerosa convivência e pelos momentos de alegria compartilhados. Ao Tiago e à Glauce, pela amizade, pelo exemplo e pelo carinho.

Ao amigo-irmão Alysso, pela amizade construída durante a graduação e pelos momentos de alegria; ao Cláudio (Piá), pela grande amizade para com a família e grande energia positiva, que sempre me auxiliou nos momentos de dificuldades.

Aos amigos da Agronomia: Selva Eulluana, Márcio Alécio, Tadeu Melo, Andréia, Josyane, Lília, Ozanira, Robson, Helen, Paula, Deysi, pela amizade e pelos momentos de alegria e busca pelo saber.

Aos meus avós, maternos, Rainilda Barth Braitenbach e Jacó Hugo Braitenbach; e paternos, Francisco Antônio Cavali (*in memoriam*) e Darcelina Abatti Cavali, que contribuíram para que eu hoje estivesse no mundo.

Aos meus tios, Zeferino (tio Zé), Seve e Ângela, Nair e Dirce, aos padrinhos meus e do meu irmão: tia Mafalda e tio Geremias que, indiretamente, muito contribuíram por mais essa conquista.

Aos meus primos e primas, Katiane, Taís, Lucas, Lidiane, Marcelo (Cocada) e Gilvana, em especial aos primos Edson Breier e Graziela, pelo exemplo de garra e conquista.

Aos amigos da Vila Extrema, que acompanharam meu crescimento e sempre na torcida: Soraya, Marquelino, Soneide (madrinha) e Carminha.

Aos amigos da União do Vegetal -UDV – Acre, pelos ensinamentos e incentivos em busca do crescimento espiritual.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para que este trabalho fosse realizado. Todos que me apoiaram e me ensinaram durante todo esse tempo, e que continuam ao meu lado hoje e sempre.

## **BIOGRAFIA**

JUCILENE CAVALI, filha de Hilário Cavali e Maria Alice Cavali, nasceu no dia 10 de junho de 1981, em Porto Velho, Rondônia.

Em dezembro de 1998, concluiu o ensino médio no Colégio Dom Bosco, na cidade de origem.

Em fevereiro de 1999, iniciou o curso de graduação em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal do Acre, concluindo-o em julho de 2004.

Em agosto do mesmo ano, iniciou o Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, em nível de mestrado, área de Forragicultura e Pastagens, defendendo a dissertação em 21 de setembro de 2006.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ixi
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS CITADAS.....	5
SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO	
Resumo.....	9
Abstract.....	10
Introdução.....	11
Material e Métodos.....	13
Resultados e Discussão.....	18
Conclusão.....	29
Referências Citadas.....	30
SILAGENS MISTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR E CAPIM-ELEFANTE COM INOCULANTE MICROBIANO	
Resumo.....	36
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	40
Resultados e Discussão.....	43
Conclusão.....	55
Referências Citadas.....	56
CONCLUSÕES GERAIS.....	60

## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1

Tabela 1. Composição química da cana-de-açúcar <i>in natura</i> e de suas silagens em função dos níveis de cal.....	19
Tabela 2. Equações de regressão das variáveis químicas avaliadas.....	20
Tabela 3. Perdas associadas à fermentação das silagens.....	23
Tabela 4. Populações microbianas da cana <i>in natura</i> e das silagens.....	25
Tabela 5. Parâmetros da degradabilidade ruminal da MS das silagens.....	26
Tabela 6. Parâmetros da degradabilidade ruminal da FDN das silagens.....	27

### Artigo 2

Tabela 1. Composição química da cana-de-açúcar e do capim-elefante em função do inoculante bacteriano.....	44
Tabela 2. Composição química das silagens de cana-de-açúcar e do capim-elefante em função do inoculante bacteriano.....	45
Tabela 3. Equações de regressão das variáveis químicas avaliadas.....	47
Tabela 4. Parâmetros fermentativos: pH e nitrogênio amoniacal.....	49
Tabela 5. Ácidos graxos voláteis das silagens.....	50
Tabela 6. Equações de regressão para as variáveis das Tabelas 4 e 5.....	51
Tabela 7. Perdas associadas à fermentação.....	53
Tabela 8. Equações de regressão das variáveis relativas às perdas.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AGV** - Ácidos graxos voláteis
- BAL** - Bactérias ácido-láticas
- CaO** - Óxido de cálcio ou cal virgem
- CE** - Capim-elefante
- CS** - Carboidratos solúveis em água
- DIVMS** - Digestibilidade *in vitro* da MS
- DRMS** - Degradabilidade da MS
- DRFDN** - Degradabilidade da FDN
- FDN** - Fibra insolúvel em detergente neutro
- FDNi** – FDN indigestível
- FDNcp** - Fibra insolúvel em detergente corrigida para cinzas e proteína
- FDA** - Fibra insolúvel em detergente ácido
- HEM** - Hemicelulose
- MO** - Matéria orgânica
- N-NH<sub>3</sub>** - Nitrogênio amoniacal com base no N total
- PB** - Proteína bruta
- PIDN** - Proteína insolúvel em detergente neutro
- PIDA** - Proteína insolúvel em detergente ácido
- pH** - Potencial hidrogeniônico
- RMS** - Recuperação da MS
- UFC** - Unidades formadoras de colônias

## RESUMO

CAVALI, Jucilene. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2006.  
**Cana-de-açúcar ensilada com óxido de cálcio, capim-elefante ou inoculante bacteriano.** Orientador: Odilon Gomes Pereira. Co-orientadores: Sebastião de Campos Valadares Filho e Rasmão Garcia.

O presente trabalho foi elaborado a partir de dois experimentos. No primeiro foram avaliados os efeitos da adição de óxido de cálcio (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% na matéria natural) sobre a composição química e as perdas de matéria seca em silagens de cana-de-açúcar, utilizando-se silos laboratoriais. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos (níveis de cal) e três repetições. Das variáveis, apenas lignina, proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e carboidratos solúveis em água (CS) não foram influenciados pelos níveis de cal nas silagens. O teor de matéria seca (MS) e o pH aumentaram linearmente com a adição de níveis de cal. Já os teores de matéria orgânica, hemicelulose (HEM) e proteína bruta (PB) decresceram linearmente com os níveis de cal. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>cp</sub>) e fibra em detergente ácido (FDA) ajustaram-se a modelos quadráticos, estimando-se valores mínimos de 38,6; 33,3 e 22,5% para os níveis de 1,73; 1,73 e 1,49% de cal, respectivamente. A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e o teor de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) ajustaram-se a modelos quadráticos, estimando-se valores máximos de 80,1 e 9,8% para os níveis de 1,8 e 0,77% de cal, respectivamente. Estimou-se produção mínima de gás de 3,18% para o nível de 1,39% de cal. A produção de efluente e a recuperação de MS (RMS) da massa ensilada decresceram e aumentaram linearmente com a adição de cal, respectivamente. Observou-se população mais elevada de bactérias ácido-láticas (BAL) na silagem tratada com 1,5% de cal, assim como menor

população de mofos e leveduras. A adição da cal proporcionou valores de degradabilidade da fração solúvel da MS acima de 50%, além de menores valores para a fração indegradável da FDN. A adição de 1,5% de cal à cana por ocasião da ensilagem resulta em maior RMS da massa ensilada, bem como em maior população de BAL e menor quantidade de leveduras, indicando boa fermentação. No segundo experimento, foram avaliados os efeitos da adição de níveis de capim-elefante (0; 25; 50; 75 e 100% na matéria natural) sobre a composição química e as perdas em silagens de cana-de-açúcar, tratadas com inoculante bacteriano. Adotou-se um esquema fatorial 2 x 5 (com e sem inoculante e cinco níveis de capim), em DIC, com três repetições. Observou-se efeito de níveis de capim-elefante (CE) e inoculante para PIDA, e da interação entre estes, para PB e pH. As demais variáveis foram influenciadas apenas pelos níveis de CE. Os teores de MS, FDN, FDNcp, FDA, HEM e lignina nas silagens aumentaram linearmente com a adição dos níveis crescentes de CE. Por sua vez, o teor de CS e a DIVMS das silagens decresceram linearmente com o incremento de CE. Em relação aos valores de proteína insolúvel em detergente neutro e N-NH<sub>3</sub>, nenhuma equação de regressão ajustou-se aos dados, registrando-se valores médios de 36,3 e 7,0% na MS, respectivamente. Os valores de PB das silagens inoculadas e não-inoculadas ajustaram-se a modelos lineares, crescentes e decrescentes, respectivamente. Observou-se maior teor de PB nas silagens tratadas com inoculante. Os valores de pH das silagens inoculadas e não-inoculadas ajustaram-se a modelos quadráticos e lineares, respectivamente. Os teores de ácido láctico, propiônico e butírico não foram influenciados pelos níveis de CE, enquanto que os teores de ácido acético para as silagens não-inoculadas, e de etanol decresceram linearmente com o aumento de CE. As perdas por gases e efluentes decresceram linearmente com o incremento de níveis de CE. O CE não serve como aditivo para a silagem de cana-de-açúcar, porém a adição de 25% de cana-de-açúcar ao CE, por ocasião da ensilagem, promove melhoria no valor nutricional e maior RMS ensilada em decorrência das mais baixas produções de efluentes e gases. O inoculante bacteriano não teve efeito na silagem de cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

CAVALI, Jucilene. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September of 2006.  
**Sugar cane ensiled with calcium oxide, elephant-grass or bacterial inoculant.** Adviser: Odilon Gomes Pereira. Co-Advisers: Sebastião de Campos Valadares Filho and Rasmô Garcia.

The present work was developed based on two experiments. In the first, the the calcium oxide addition effects (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% in the natural matter basis) on the chemical composition and losses in sugar cane silagens, being used laboratory silos, were evaluated. A completely randomized design, with five treatments (whitewash levels) and three repetitions, was used. The whitewash levels in the silages influenced all variables, except the lignin content, acid detergent insoluble protein (ADIP) and the water-soluble carbohydrates (SC). The dry matter (DM) content and the pH increased linearly with the whitewash levels addition. Now, the organic matter contents, hemicelulose (HEM) and crude protein (CP) decreased lineally with the whitewash levels. The neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected to ashes and protein (NDFcp) and acid detergent fiber (ADF) were adjusted to quadratic models being minimum values of 38.6, 33.3 and 22.5% considered for the whitewash levels of 1.73, 1.73 and 1.49%, respectively. The in vitro dry matter digestibility (IVDMD) and the ammonia nitrogen concentration in relation to the total nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) were adjusted to quadratic models, being the maximum values of 80.1 and 9.8% for the whitewash levels of 1.8 and 0.77% considered, respectively. Minimum production gas of 3.18% was estimated to the whitewash level of 1.39%. The effluent production and the dry matter recovery (DMR) of the mass ensiled decreased and increased linearly with the whitewash addition, respectively. A higher population of acid lactic bacteria (ALB) was observed in

the silage treated with whitewash of 1.5%, as well as a smaller molds and yeasts population. The whitewash addition provided degradability values of the soluble fraction of the DM above 50%, besides smaller values for the NDF non-degradable fraction. The addition of 1.5% of whitewash to the cane for occasion of the ensilage results in a larger recovery of the dry matter as well as in a larger ALB population and smaller yeasts amount, suggesting good fermentation. In the second experiment, the elephant grass addition levels effects (0, 25, 50, 75 and 100% in the natural matter basis) on chemical composition were evaluated, and losses were studied in sugar cane silages treated with bacterial inoculant. A 2 x 5 (two inoculants x five grass levels) factorial arrangement was used in a completely randomized design with three replicates. Elephant grass and inoculant effects were observed to PIDA and interaction among these effects was observed to PB and pH. The other variables were just influenced by the elephant grass levels. The DM, NDF, NDFcp, ADF, HEM and lignin contents in the silages increased linearly with the elephant grass addition. However, the CS and IVDMD contents decreased linearly with the elephant grass increment in the silages. No regression equation was adjusted to the insoluble protein contents in neutral detergent and N-NH<sub>3</sub>, estimating a medium value of 36.3% and 7.0% in the DM, respectively. The PB content in the inoculated and not inoculated silages were adjusted to lineal models, however inversely related, estimating increases and decreases values to these silages, respectively. The inoculant was efficient to increase the PB content in the sugar cane silages. The smaller pH was verified in the silages with higher grass levels and treated with microbial inoculant. The content of pH to the inoculated and not inoculated silages was adjusted to quadratic and lineal models, respectively. The contents of lactic, propionic and butyric acids were not influenced by the elephant grass levels while acetic acid content in the not inoculated silages and ethanol content decreased linearly with the elephant grass increment in the silages. The DM losses by gases and effluents decreased linearly with the increment of elephant grass levels, contributing to a higher DMR in the silages. The elephant grass doesn't serve as an additive for the sugar-cane silage, however, the addition of 75% of the elephant grass to the sugar cane promoted higher nutritional value and higher recovery of the mass DM due to the lower effluents and gases productions.

## INTRODUÇÃO GERAL

A demanda pela conservação de forrageiras tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, o que se deve a fatores como a estacionalidade na produção das pastagens, que resultam em menor disponibilidade quantitativa e qualitativa da forragem, afetando o desempenho dos animais mantidos a pasto.

A ensilagem tem se destacado como principal método de conservação de forragens em nosso País e tem despertado interesse por se tratar de boa alternativa quando se pretende aproveitar o excedente da produção de forragem da época das águas, para ser administrado na época das secas. Em algumas partes do mundo, a produção de silagem contribui com 10-25% dos alimentos destinados a ruminantes, representando 2% do suprimento de alimentos suplementares, como média global (Nussio et al. 2002).

Dentre as forrageiras de origem tropical estudadas para ensilagem destaca-se o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), em função de sua elevada produção de biomassa, diluindo de forma expressiva os custos de produção, quando comparados àqueles de silagens de milho e sorgo (Anualpec, 2006). Recentemente, a ensilagem de cana-de-açúcar tem despertado grande interesse diante da comunidade científica. Produtividades de até 145 t/ha.ano de matéria verde são obtidas com cana-de-açúcar (Barbosa, 2006) e produtividades de até 50 t/ha de MS são obtidas com capim-elefante cv. Cameroon (Nussio et al. 1998), porém podem-se obter produções de até 90 t/ha.ano de MS com capim-elefante, manejado intensivamente, quando se consideram as exigências físicas e químicas do solo, segundo Silva et al. (1996). A área destinada ao plantio de cana-de-açúcar no Brasil, em 2006, foi de 6,2 milhões de hectares, com produção de 469,8 milhões de

toneladas, variando 8,9% em relação à safra de 2005, com destaque para a região Sudeste, com 69,4% da produção nacional (Conab, 2006).

O potencial de uma planta para ensilagem é dependente do teor original de umidade, que deve situar-se próximo a 70%, do conteúdo de carboidratos solúveis (em torno de 8,0% na matéria seca); e do baixo poder-tampão, que não deve oferecer resistência à redução do pH para valores entre 3,8 e 4,0 (McCullough, 1977).

Entretanto, as gramíneas tropicais apresentam algumas características indesejáveis ao processo fermentativo no silo, dificultando a obtenção de silagens de boa qualidade. O capim-elefante caracteriza-se pelo baixo teor de MS, alto poder-tampão e baixo teor de carboidratos solúveis, nos estádios de crescimento, em que é elevado o seu valor nutritivo, o que coloca em risco o processo de conservação por meio da ensilagem, devido às possibilidades de surgirem fermentações secundárias (Faria, 1971; Evangelista et al. 2004).

Os entraves para produção de silagens de cana-de-açúcar relacionam-se às reações bioquímicas catalisadas pelas leveduras, com alta produção de etanol, água e CO<sub>2</sub>. O etanol produzido, além de ser facilmente volatilizado, acarreta elevadas perdas de MS e redução no valor alimentício (Schmidt et al. 2004). Em face do exposto, é indispensável a utilização de aditivos no intuito de inibir a população de leveduras e, ou, bloquear a via fermentativa da produção de álcoois (Nussio & Schmidt, 2005), assim como reduzir a produção de efluentes durante a fermentação.

Alguns trabalhos de pesquisa realizados com silagem de cana-de-açúcar, sem aditivos no Brasil, demonstram a produção excessiva de etanol e a perda do valor nutritivo das silagens, como constatado por Andrade et al. (2001) e Silva (2003), que verificaram redução de aproximadamente 30% no conteúdo total de açúcares para a cana ensilada em relação à cana fresca e teores de etanol de 7,8 a 17,5% da MS. Coan et al. (2002), avaliando a composição química da silagem de cana-de-açúcar, relataram diminuição no teor de MS (27,3 para 20,9%) e aumento nos constituintes da parede celular, com maiores concentrações de fibra em detergente neutro (42,1 para 54,95%), de fibra em detergente ácido (34,9 para 43,8%) e de lignina (6,8 para 7,2%), em relação à cana fresca. Segundo Bernardes et al. (2002), trabalhando com

cana ensilada pura e aditivada, a diminuição nos teores de carboidratos solúveis no processo de fermentação alcoólica acarreta aumento proporcional nos teores de constituintes de parede celular.

Outro fator a se considerar são as perdas por efluentes e gases ocorridas durante o processo fermentativo e que depreciam a qualidade final da silagem. McDonald et al. (1991) relataram que os efluentes das silagens contêm grandes quantidades de compostos orgânicos, como açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, acarretando perdas significativas no valor nutritivo. As perdas por gases são maiores quando predominam leveduras e bactérias heterofermentativas produtoras de CO<sub>2</sub> e etanol (Kung et al. 2003).

Contudo, melhorias no processo fermentativo das silagens quanto a fatores como os microrganismos desejáveis e o conteúdo de umidade, nitrogênio e, ou, açúcares vêm sendo relativamente simplificadas com o uso de aditivos, químicos ou biológicos, acrescentados às gramíneas no momento da ensilagem, a fim de inibir as populações microbianas indesejáveis, influenciar as transformações que ocorrem na massa ensilada, assim como melhorar sua conservação e valor nutritivo.

Muck & Kung (1997) relataram que os inoculantes foram eficientes em melhorar a fermentação em 60% dos estudos, promovendo o abaixamento do pH e favorecendo a predominância de ácido láctico, assim como a redução no teor de nitrogênio amoniacal. Segundo Filya et al. (2000), os inoculantes microbianos têm se destacado como alternativa disponível, pois são produtos seguros, fáceis de serem manuseados, não-corrosivos e não-poluentes, sendo considerados produtos naturais.

Os efeitos dos inoculantes microbianos são mais expressivos em silagens de capins, quando comparadas às de milho e sorgo, visto que estas últimas possuem teores de carboidratos solúveis e quantidades de bactérias endógenas adequadas à boa fermentação (Meeske & Basson, 1998; Meeske et al. 1999). Contudo, este fato não pode ser levado em consideração quando se adicionam inoculantes à base de bactérias lácticas homofermentativas à cana-de-açúcar, visto que o ácido láctico resultante da fermentação homoláctica é usado como substrato pelas leveduras na síntese de subprodutos indesejáveis (Nussio & Schmidt, 2005).

Diante disso, vários estudos vêm sendo desenvolvidos, priorizando e avaliando os efeitos de aditivos químicos como óxido de cálcio (Balieiro Neto et al. 2005; Balieiro Neto et al. 2006), hidróxido de cálcio (Balieiro Neto et al. 2005; Santos et al. 2005), hidróxido de sódio (Alcântara et al. 1989; Reis et al. 1995; Oliveira, 2004; Freitas, 2006), uréia (Siqueira et al. 2004), ácidos (Lattemae & Lingvall, 1996; Pedroso, 2003), amônia (Alli et al. 1983), dentre outros, à cana-de-açúcar no momento da ensilagem.

Considerando que aditivos químicos e inoculantes microbianos têm sido utilizados com o intuito de melhorar o padrão de fermentação e conservação das silagens, promovendo o desenvolvimento de microrganismos benéficos, como as bactérias produtoras de ácido láctico, e a inibição dos indesejáveis, como as leveduras e os clostrídios; desenvolveu-se o presente estudo com o objetivo de avaliar o efeito da adição de óxido de cálcio sobre a composição química, a população microbiana e as perdas de MS em silagens de cana-de-açúcar, bem como avaliar a composição química e a recuperação de MS de silagens mistas de cana-de-açúcar e capim-elefante, produzidas ou não com inoculante microbiano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R., et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal Kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v. 23, p.323-331, 1989.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B. E.; et al. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p. 291-299, 1983.
- ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; POSSENTI, R.A.; et al. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, cortada aos 7 meses de idade, tratada com uréia e adicionada de rolão de milho (compact disc). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001.
- ANUALPEC, 2006. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo, FNP Consultoria & Comércio, 2006.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.; NOGUEIRA, J.R. Perdas na ensilagem da 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, GO. 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005.
- BALIEIRO NETO, G.; PAZ, C.C.P.; NOGUEIRA, J.R. Estabilidade aeróbia e perdas de matéria seca de variedades de cana-de-açúcar *in natura* tratada com óxido ou hidróxido de cálcio. In: Zootec 2006. **Anais...** Recife, PE, 2006.
- BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: Variedades, estabelecimento e manejo. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem. 3, Viçosa, 2006. **Anais...** Viçosa, UFV, 2006.
- BERNARDES, T.F., SILVEIRA, R.N, COAN, R.M. et al. Características fermentativas e presença de leveduras na cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, Recife, 2002. **Anais...** SBZ, Recife, 2002.

- COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNERDES, T.F. et al. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39. 2002, Recife. **Anais...**Pernambuco: SBZ, 2002.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 10 ago. 2006.
- EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; ABREU, J. G; et al. Produção de silagem de capim marandu (*Brachiaria brizantha* stapf cv. Marandu) com e sem emurhecimento. **Ciência Agrotécnica**. v. 28, n. 2, p. 446-452, 2004.
- FARIA, V.P. de. **Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) variedade Napier**. 1971. 78p. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba, 1971.
- FILYA, I.; ASHBELL, G.; HEN, Y. et al. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.88, p.39-46, 2000.
- FREITAS, A. W. P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F.C.; et al. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.48-59, 2006.
- KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. **Silage Additives**. In: SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, 2003. p.305-360.
- LIMA, M.L.M.; MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. 5., Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.77-105.
- LATTEMAE, P.; LINGVALL, P. Effect of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate on fermentation and storage stability of wilted and long cut grass silage. **Swedish Journal of Agricultural Research**. v.26, p.135-146, 1996.
- McDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2 ed. Mallow Chalcombe Publications, 1991, 340p.
- McCULLOUGH, M.E. **Silage and silage fermentation**. Feedstuffs, Minneapolis, v.49, n.13,p.49-50, 1977.
- MEESKE, R.; BASSON, H. M. CRUYWAGEN. The effect of lactic acid and bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. **Animal Feed Science and Technology**. v. 81, p. 237-248, 1999.

- MEESKE, R.; BASSON, H. M. The effect of lactic acid and bacterial inoculant on maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 70, p. 239-274, 1998.
- MUCK, R.E.; KUNG, L. JR. Effects of silage additives on ensiling. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK. NRAES-99. Herchey, 1997. **Proceedings...** Herchey, NRAES, 1997. p.187-199; 200-210.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. In: Simpósio sobre bovinocultura leiteira, 5. Piracicaba, 2005. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p.193-218.
- NUSSIO, L. G.; PAZINI, S. F.; NUSSIO, C. M. B. Ensilagem de capins tropicais. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife. **Anais de Palestras**. Recife: SBZ, 2002, p.60-99.
- NUSSIO, L.G.; LIMA, L.G.; MATTOS, W.R.S. Planejamento da produção de alimentos para inverno. In: Simpósio sobre a Produção Animal, 10, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, p-57-94, 1998.
- OLIVEIRA, M. W.; MENDES L.C.; MARQUES W.P., et al. Adição de hidróxido de cálcio à silagem de cana. Zootec 2004, Brasília. **Anais...** DF, 2004.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos, microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A., PEDROSO, P. Avaliações de fontes de amônia para o tratamento de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.4, p.486-493, 1995.
- SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; SOUSA, D.P. et al. Estabilidade aeróbia e perda de matéria seca de cana-de-açúcar *in natura* tratada com níveis crescentes de óxido de cálcio. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 42, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005.
- SCHMIDT, P. et al. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana de açúcar, com e sem adição de uréia. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, Campo grande, 2004. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004.
- SILVA, S.A.R. **Avaliação da eficiência fermentativa da cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos**. 2003, 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- SILVA, S.C.; FARIA, V.P.; CORSI, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagens de capim elefante do Departamento de Zootecnia da

ESALQ. In: Congresso Brasileiro de Gado Leiteiro, 2. Conceitos modernos de exploração leiteira. 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1996, p.97-122.

SIQUEIRA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, et al. Interações entre inoculantes microbianos e aditivos químicos na fermentação e estabilidade aeróbia das 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.

## SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADA COM ÓXIDO DE CÁLCIO

**Resumo** - Avaliaram-se os efeitos da adição de óxido de cálcio (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% na matéria natural) sobre a composição química e as perdas em silagens de cana-de-açúcar, utilizando-se silos laboratoriais. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos (níveis de cal) e três repetições. Todas as variáveis foram influenciadas pelos níveis de cal nas silagens, excetuando-se os teores de proteína insolúvel em detergente ácido, carboidratos solúveis em água e lignina. O teor de matéria seca (MS) e o pH aumentaram linearmente com a adição de níveis de cal. Já os teores de matéria orgânica, hemicelulose e proteína bruta decresceram linearmente com os níveis de cal. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigido para cinzas e proteína e fibra em detergente ácido ajustaram-se a modelos quadráticos, estimando-se valores mínimos de 38,6; 33,3 e 22,5% para os níveis de 1,73; 1,73 e 1,49% de cal, respectivamente. A digestibilidade *in vitro* da MS e a concentração de nitrogênio amoniacal também ajustaram-se a modelos quadráticos, estimando-se valores máximos de 80,1 e 9,8% para os níveis de 1,8 e 0,77% de cal, respectivamente. Estimou-se a produção mínima de gás de 3,18% para o nível de 1,39% de cal. A produção de efluente e a recuperação de MS (RMS) da massa ensilada decresceram e aumentaram linearmente com a adição de cal, respectivamente. Observou-se população mais elevada de bactérias ácido-láticas (BAL) na silagem tratada com 1,5% de cal, assim como menor população de mofos e leveduras nesta silagem. A adição da cal proporcionou valores de degradabilidade da fração solúvel da MS acima de 50%, além de menores valores para a fração indegradável da FDN. A adição de 1,5% de cal à cana por ocasião da ensilagem resulta em maior RMS da massa ensilada, bem como em maior população de BAL e menor quantidade de leveduras, indicando boa fermentação.

**Palavras-chave:** cal, efluente, população microbiana, valor nutritivo.

## SUGAR CANE SILAGE TREATED WITH CALCIUM OXIDE

**Abstract** - The present work evaluated the calcium oxide addition effects (0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% in the natural matter basis) on the chemical composition and losses in sugar cane silagens, being used laboratory silos. A completely randomized design, with five treatments (whitewash levels) and three repetitions, was used. The whitewash levels in the silages influenced all variables, except the lignin content, acid detergent insoluble protein (ADIP) and the water-soluble carbohydrates (SC). The dry matter (DM) content and the pH increased linearly with the whitewash levels addition. Now, the organic matter contents, hemicellulose and crude protein (CP) decreased lineally with the whitewash levels. The neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected to ashes and protein (NDFcp) and acid detergent fiber (ADF) were adjusted to quadratic models being minimum values of 38.6, 33.3 and 22.5% considered for the whitewash levels of 1.73, 1.73 and 1.49%, respectively. The in vitro dry matter digestibility (IVDMD) and the ammonia nitrogen concentration in relation to the total nitrogen (N-NH<sub>3</sub>) were adjusted to quadratic models, being the maximum values of 80.1 and 9.8% for the whitewash levels of 1.8 and 0.77% considered, respectively. Minimum production gas of 3.18% was estimated to the whitewash level of 1.39%. The effluent production and the dry matter recovery (DMR) of the mass ensiled decreased and increased linearly with the whitewash addition, respectively. A higher population of acid lactic bacteria (ALB) was observed in the silage treated with whitewash of 1.5%, as well as a smaller molds and yeasts population. The whitewash addition provided degradability values of the soluble fraction of the DM above 50%, besides smaller values for the NDF non-degradable fraction. The addition of 1.5% of whitewash to the cane for occasion of the ensilage results in a larger recovery of the dry mass as well as in a larger ALB population and smaller yeasts amount, suggesting good fermentation.

**Key words:** effluent, microbial population, nutritious value, whitewash

## Introdução

A utilização da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* Linn.) é tradicional e de amplo conhecimento entre pecuaristas. Como vantagens destacam-se a alta produtividade de massa verde (até 145 t/ha.ano) (Barbosa, 2006), e o baixo custo de produção por tonelada de MS, sendo tradicionalmente fornecida fresca aos animais, pois tem a capacidade de manter o valor nutritivo por até seis meses após a maturação e de sua colheita coincidir com o período de escassez de forragem nas pastagens (Silva, 1993). Porém, dentre algumas restrições para sua utilização em larga escala, têm-se a necessidade do corte diário e a baixa qualidade nutricional, que é limitada pelos teores de proteína reduzidos e pela fibra de baixa digestibilidade (Barbosa, 2006).

A silagem apresenta-se como alternativa para melhorar a eficiência da colheita; permitir, a partir do corte de grandes áreas em curto espaço de tempo, melhoria na logística de arração de grandes rebanhos; antecipar a colheita e uniformizar a rebrota; racionalizar a mão-de-obra e padronizar adubações e uso de herbicidas; evitar a perda por queimadas; e até mesmo antecipar a liberação de grandes áreas (Pedroso, 2003; Nussio & Schmidt, 2004). A cana-de-açúcar pode ser ensilada como as outras forrageiras, pois apresenta as principais características favoráveis ao processo, como teor de MS em torno de 25 a 30%; teor de carboidratos solúveis próximos a 10% da matéria natural e, poder tampão que permite a queda do pH para valores próximos a 3,5 (Valvasori et al. 1995).

Entretanto, em silagens de cana-de-açúcar ocorrem problemas quanto à reação bioquímica catalisada pelas leveduras, resultando em alta produção de CO<sub>2</sub>, água e etanol (Alli et al., 1983). Portanto, Alli et al. (1982), Nussio et al. (2003) e Nussio & Schmidt (2005) sugerem a adoção de aditivos que atuem sobre os microrganismos, controlando a produção de etanol, e que reduzam a produção de efluente, para que a ensilagem da cana-de-açúcar possa ser justificada.

Nesse sentido, uma das primeiras demonstrações, utilizando substâncias alcalinizantes com o objetivo de modificar o processo fermentativo

de silagens de cana, ocorreu na década de 1970, com o uso do hidróxido de sódio. A partir de então, vários estudos foram e vêm sendo desenvolvidos, avaliando os efeitos de aditivos químicos como amônia (Alli et al. 1983), hidróxido de sódio (Alcântara et al. 1989; Oliveira et al. 2004; Freitas et al. 2006), uréia (Siqueira et al. 2004), ácidos (Lattemae & Lingvall, 1996; Pedroso, 2003), hidróxido de cálcio (Balieiro Neto et al. 2005) e, mais recentemente, o óxido de cálcio (Santos et al. 2005; Balieiro Neto et al. 2006).

O óxido de cálcio ou cal virgem microprocessada ou micropulverizada é um produto de origem mineral, que passa por um processo industrial e adquire aparência de matéria refinada, isenta de substâncias tóxicas aos animais, têm custo acessível, é de fácil compra/estocagem e apresenta riscos irrisórios quanto ao manuseio quando comparado a outros produtos (Martines, 2006). Trata-se de um produto totalmente diferente da cal virgem utilizada em construção, que é inadequada para a hidrólise da cana e tóxica aos animais, por conter substâncias como dioxinas e furanos (Chagas, 2006).

Nussio & Schmidt (2004) mostraram, em recente revisão sobre a tecnologia de produção e utilização de silagens de cana-de-açúcar, que o interesse da pesquisa brasileira sobre a ensilagem desta gramínea vem crescendo ano a ano. No entanto, os resultados científicos são escassos e essas informações merecem maiores investigações.

Diante do exposto, conduziu-se o presente trabalho, objetivando-se avaliar os efeitos da adição de diferentes níveis de óxido de cálcio sobre a composição química, a digestibilidade *in vitro*, a degradabilidade *in situ* e as perdas de matéria seca em silagens de cana-de-açúcar.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa - MG. A cidade de Viçosa está situada a 20° e 45' de latitude sul, 42° e 51' de longitude oeste a 657 m de altitude, apresentando precipitação média anual de 1.341 mm, dos quais cerca de 86% ocorrem nos meses de outubro a março. A temperatura média das máximas é de 26,1°C e a média das mínimas é de 14,0°C.

A cana-de-açúcar, colhida aos 22 meses de idade, foi picada em partículas de aproximadamente 2 cm, utilizando-se uma ensiladeira estacionária. A esse material foram adicionados cinco níveis de óxido de cálcio (0; 0,5; 1; 1,5 e 2%, na matéria natural), que constituíram os tratamentos. O óxido de cálcio, na forma de cal virgem processada ou micro pulverizada (Cal), segundo o fabricante, apresentava os seguintes níveis de garantia: MgO=0,5; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=0,3; SiO<sub>2</sub>= 1,4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=0,2; CaO total = 90,0; CaO disponível= 87,3; CO<sub>2</sub>=1,5 e S = 0,07. A cal em pó foi adicionada a lanço à cana-de-açúcar. Em seguida, procedeu-se à ensilagem em baldes (silos) de plástico com capacidade de 15L, dotados de válvula de Bünsen em sua tampa, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. No fundo dos silos foram colocados 4 kg de areia seca, separada da forragem por um pano, para posterior estimativa da produção de efluente. Os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados em área coberta, em temperatura ambiente, até o momento da abertura, que ocorreu 40 dias após a ensilagem. Nessa ocasião, procedeu-se a uma nova pesagem para quantificação das perdas oriundas da fermentação, sendo colhidas amostras para determinações de pH, nitrogênio amoniacal/N total (N-NH<sub>3</sub>), contagem microbiológica e pré-secagem.

As amostras destinadas à pré-secagem foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, procedendo-se, em seguida, à sua moagem em moinho tipo Wiley, em partículas de 1 e 2 mm. Nas amostras de 1 mm devidamente processadas, foram realizadas determinações de matéria seca definitiva, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina,

proteína bruta (PB), carboidratos solúveis em água (CS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em 48 horas, segundo Silva e Queiroz (2002); a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinadas conforme descrição de Licitra et al. (1996), e a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), segundo Hall (2003). O material moído em partículas de 2 mm foi utilizado nas análises de degradabilidade *in situ* da MS (DRMS) e da FDN (DRFDN).

Para a análise de pH foram colhidas amostras de 25 g, às quais foram adicionados 100 mL de água destilada, e, após repouso por 2 horas, efetuou-se a leitura do pH, utilizando-se um potenciômetro. Em outra amostra de 25 g, foram adicionados 200 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2 N, que permaneceu em repouso por 48 horas em geladeira, efetuando-se, em seguida, a filtragem em papel-filtro tipo Whatman<sup>®</sup> 54. O teor de N-NH<sub>3</sub> como porcentagem do N-total, foi dosado no filtrado, utilizando-se KOH a 2N.

As amostras destinadas a incubação ruminal foram acondicionadas em sacos de fibra sintética do tipo TNT, gramatura 100, com dimensão de 7 x 7 cm, na quantidade de 2,5 g de MS/saco, a fim de manter uma relação próxima a 20 mg de MS/cm<sup>2</sup> de área superficial do saco (Nocek, 1988). Os períodos de incubação corresponderam aos tempos de 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas, sendo os sacos incubados em ordem inversa, para serem retirados todos ao mesmo tempo, promovendo, desta forma, lavagem uniforme do material por ocasião da retirada do rúmen. Foram utilizadas duas vacas mestiças, não-lactantes, dotadas de cânulas ruminais e alimentadas com concentrado e silagem de milho à vontade. Ao término do período de incubação os sacos foram lavados em água corrente e, posteriormente, em água morna, até que esta se apresentasse limpa, procedendo-se então à secagem dos mesmos em estufa a 65°C por 72 horas, sendo obtida a MS por diferença de peso. No resíduo obtido após essa fase, realizou-se a análise de FDN, segundo à técnica de Silva e Queiroz (2002).

A degradação da MS foi calculada por meio da equação proposta por Ørskov e McDonald (1979):

$$D = A + B * [1 - \text{Exp}(-k_d * t)]$$

em que:

$D$  = fração degradada no tempo (%);  $A$  = fração solúvel (%);  $B$  = fração insolúvel potencialmente degradável (%);  $k_d$  = taxa de degradação da fração  $B$  ( $h^{-1}$ ); e  $t$  = variável independente tempo (h).

Já a degradabilidade da FDN foi estimada com o uso do modelo proposto por Mertens e Loften (1980):

$$D = B_p * \text{Exp} (-k_d * (t - L) ) + I$$

em que:

$B$  = fração potencialmente degradável (%) e  $I$  = fração indegradável (%);  $L$  = período de latência ou tempo de colonização e  $k_d$  e  $t$  como definidas anteriormente.

Os coeficientes lineares foram estimados por meio de procedimentos iterativos de Gauss-Newton do programa SAEG 8.0.

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, no material antes da ensilagem e nas respectivas silagens correspondentes, conforme procedimentos adotados por González e Rodriguez (2003). Em 50g de amostra foram adicionados 450 mL de água destilada, procedendo-se, em seguida, à mistura em liquidificador industrial por cerca de 1 minuto. Da solução obtida, pipetou-se 1 mL ou 0,1 mL, e as diluições variam de  $10^{-1}$  a  $10^{-9}$ , usando-se garrafas para água de diluição, contendo 99,9 mL de solução-tampão fosfato, com pH de 7,2. O plaqueamento foi realizado em duplicata para cada diluição e cada meio de cultura utilizado.

As populações foram determinadas por meio do uso de técnicas de culturas seletivas, consistindo nas seguintes denominações:

Ágar Rogosa SL (DIFCO, Detroit), para contagem de lactobacilos após incubação por 48 horas, em estufa, à temperatura de  $37^{\circ}\text{C}$ , sendo o pH do meio da cultura igual a 5,4.

Ágar BDA, para contagem de leveduras e mofo, após incubação por 5-7 dias, à temperatura ambiente, sendo o pH do meio de cultura igual a 4,2.

Ágar *Violet Red Bile* (DIFCO, Detroit), para contagem de enterobactérias, após incubação por 24 horas, à temperatura de  $35^{\circ}\text{C}$ .

Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônia (ufc) por placa de Petri. Os

resultados foram obtidos por meio da média das duas placas, na diluição selecionada.

As perdas de MS sob a forma de gases e efluente foram quantificadas por diferença de peso, segundo metodologia descrita por Mari (2002).

A perda por gases foi calculada com base na diferença de peso da massa de forragem seca, pela equação:

$$G = (PCI - PCf) / (MFi \times MSi) \times 10.000$$

em que:

*G*: perdas por gases (%MS);

*Pci*: peso do balde cheio no fechamento (kg);

*Pcf*: peso do balde cheio na abertura (kg);

*MFi*: massa de forragem no fechamento (kg); e

*MSi*: teor de matéria seca da forragem no fechamento.

A perda por efluente foi calculada pela diferença de peso da areia relacionada à massa de forragem no fechamento dos silos.

$$E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 1000$$

em que:

*E*: produção de efluente (kg/tonelada de MS);

*PVi*: peso do balde vazio + peso da areia no fechamento (kg);

*PVf*: peso do balde vazio + peso da areia na abertura (kg);

*Tb*: tara do balde; e

*MFi*: massa de forragem no fechamento (kg).

O índice de recuperação de matéria seca (RMS) foi obtido pela diferença de peso da massa de forragem no momento da ensilagem e da abertura dos silos e seus respectivos teores de MS, segundo a equação:

$$RMS = (Mf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100$$

em que:

*RMS*: taxa de recuperação de matéria seca (%);

*MFi*: massa de forragem no fechamento (kg);

*MSi*: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%);

*MFf*: massa de forragem na abertura (kg); e

*MSf*: teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, a 5% de significância, utilizando-se o programa SAEG, versão 8.0 (Universidade Federal de Viçosa, 2000). A escolha das equações de regressão baseou-se no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t.

## Resultados e Discussão

A composição química, o pH, a relação N-NH<sub>3</sub> e a DIVMS da cana-de-açúcar *in natura* e das silagens tratadas com cal encontram-se na Tabela 1; na Tabela 2 estão as equações de regressão ajustadas para essas variáveis em função dos níveis de cal.

O teor médio de MS de 26,7% na cana-de-açúcar, antes da ensilagem, não foi adequado para prevenir a produção de efluentes, conforme será discutido posteriormente. Este valor assemelha-se àqueles relatados por Bernardes et al. (2002) e Coan et al. (2002) que registraram valor médio de 27% de MS. Segundo Jones & Jones (1995), teores de MS de 25% seriam suficientes para evitar a produção significativa de efluente.

A cana-de-açúcar sem aditivo utilizada para ensilagem apresentou teores baixos de FDN. Os valores médios de FDN para a cana-de-açúcar tratada com cal foram ainda menores, o que é justificado pela rápida ação do aditivo, segundo Santos et al. (2005) e Balieiro Neto et al. (2006).

Os teores de carboidratos solúveis (CS), que variaram de 36,9 a 42,1%, podem ser considerados adequados para a cana-de-açúcar. Valores desta magnitude foram registrados por Alli et al. (1982) e Freitas et al. (2006), que encontraram variação de 41,0 a 54,0% de CS na cana-de-açúcar colhida em diferentes idades.

Observa-se que a maioria das variáveis foi influenciada pelos níveis de cal nas silagens, excetuando-se os teores de PIDA, CS e lignina (Tabela 2).

O teor de MS das silagens aumentou linearmente com os níveis de cal (Tabela 2). Esse fato pode ser explicado pela capacidade de retenção de água pela cal, resultando em menores perdas de MS devido à menor produção de efluente com a adição de níveis crescentes de cal, conforme se constata na Tabela 3. Teores crescentes de MS em função de níveis de cal também foram obtidos por Balieiro Neto et al. (2005).

Tabela 1- Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis em água (CS), fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina, digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), pH e nitrogênio amoniacal/N total (N-NH<sub>3</sub>) na cana-de-açúcar *in natura* e nas silagens, em função de níveis de cal

Variáveis	Níveis de Cal na Cana-de-açúcar (% na MN)					Níveis de Cal nas Silagens de Cana-de-açúcar (% na MN)					CV (%)
	0	0,5	1	1,5	2	0	0,5	1	1,5	2	
MS (%)	26,6	26,9	27,2	26,3	26,7	25,3	26,6	28,2	28,0	27,9	5,08
MO	97,4	95,0	94,0	91,5	89,0	94,9	93,2	90,0	87,0	85,5	0,58
PB <sup>1</sup>	2,66	2,57	1,90	2,45	1,93	2,80	2,25	2,32	2,41	2,02	10,11
PIDN <sup>2</sup>	15,5	19,5	27,9	26,3	25,3	27,3	27,3	40,6	40,7	43,8	20,4
PIDA <sup>2</sup>	9,95	13,4	15,4	12,7	14,0	15,8	15,6	15,0	14,78	14,8	15,0
CS <sup>1</sup>	36,9	42,1	41,4	40,7	39,5	12,1	15,2	13,5	13,3	15,5	7,61
FDN <sup>1</sup>	44,0	40,6	40,0	37,3	33,6	62,9	46,5	43,7	41,2	37,9	3,14
FDNcp <sup>1</sup>	41,9	36,7	36,1	32,5	29,9	60,0	42,6	39,3	35,2	32,9	1,98
FDA <sup>1</sup>	23,7	23,1	23,4	22,5	19,8	42,2	25,3	25,7	25,7	22,6	4,46
HEM <sup>1</sup>	21,5	18,9	19,0	17,9	14,7	20,7	21,2	18,0	15,5	15,2	3,38
LIGNINA <sup>1</sup>	6,54	6,42	6,39	5,95	5,78	8,09	7,81	6,5	6,12	7,95	27,2
DIVMS <sup>1</sup>	66,9	70,2	71,4	73,4	81,0	48,4	65,6	74,9	78,2	81,5	3,29
pH	4,8	10,7	11,5	11,8	12,0	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	1,75
N-NH <sub>3</sub> <sup>3</sup>	6,25	7,97	8,25	7,63	8,96	6,65	11,0	8,78	7,20	3,62	10,5

<sup>1</sup> % da MS, <sup>2</sup> % da PB e <sup>3</sup> % nitrogênio total

Tabela 2. Equações de regressão para as variáveis referentes à composição química, à digestibilidade *in vitro* da MS, ao pH e ao nitrogênio amoniacal das silagens de cana-de-açúcar, ajustadas em função de níveis de cal (C), e respectivos coeficientes de determinação

Variáveis	Equações de Regressão	R <sup>2</sup>
MS (%)	$\hat{Y} = 25,9471 + 1,31394 *C$	0,67
MO	$\hat{Y} = 97,6522 - 2,5016 *C$	0,99
PB <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 2,6497 - 0,283048 *C$	0,61
PIDN <sup>2</sup>	$\hat{Y} = 22,0926 + 4,6320 *C$	0,84
PIDA <sup>2</sup>	$\hat{Y} = 15,22$	
CS <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 13,93$	
FDN <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 61,3246 - 26,1632 *C + 7,54312 *C^2$	0,94
FDNcp <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 58,5433 - 29,1292 *C + 8,4033 *C^2$	0,82
FDA <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 39,9343 - 23,2542 *C + 7,7538 *C^2$	0,82
HEM	$\hat{Y} = 21,4957 - 3,33055 *C$	0,89
LIGNINA <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 7,30$	
DIVMS (%)	$\hat{Y} = 49,1225 + 35,2040 *C - 9,73094 *C^2$	0,99
pH	$\hat{Y} = 3,4713 + 0,9100 *C$	0,99
N-NH <sub>3</sub> <sup>3</sup>	$\hat{Y} = 7,26553 + 6,73574 *C - 4,35916 *C^2$	0,88

<sup>1</sup> % da MS, <sup>2</sup> % da PB e <sup>3</sup> % nitrogênio total.

\* significativo a 5%, pelo teste "t"

Os teores de PB decresceram linearmente com as doses de cal (Tabela 2). Uma provável explicação para este comportamento seria a perda de amônia pela ação proteolítica das enzimas nas células da forragem e pelas enterobactérias e clostrídeos que atuam enquanto o pH da silagem não é suficientemente baixo (McDonald et al. 1991).

Os teores de PIDN ajustaram-se a um modelo linear crescente, em função de níveis de cal. Já os teores de PIDA não se ajustaram a nenhuma equação, registrando-se valor médio de 15,2% na MS.

O teor de CS não foi influenciado pela adição de cal, registrando-se valor médio de 13,9%, indicando utilização média de 65% deste constituinte durante o processo de fermentação, em relação ao conteúdo original de CS na cana *in natura* (Tabela 1). Pedroso (2003) observou que teores residuais de CS

de até 6,3% na MS em silagens de cana-de-açúcar garantem uma boa estabilidade aeróbia das silagens.

Os teores de FDN, FDNcp e FDA ajustaram-se a modelos quadráticos, estimando-se valores mínimos de 38,6; 33,3 e 22,5% para os níveis de 1,73; 1,73 e 1,38% de cal, respectivamente. Por outro lado, a hemicelulose decresceu linearmente, estimando-se reduções de 3,33 unidades por unidade de cal adicionada. Isto pode ser explicado pela ação degradadora dos álcalis sobre as ligações ésteres entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular, expondo mais hemicelulose e celulose aos microrganismos. Segundo Castrillón et al. (1978) e Alcântara et al. (1989), substâncias alcalinizantes são capazes de modificar o processo fermentativo, apresentando melhor composição bromatológica, redução na produção de etanol, maior teor de ácido láctico e maior digestibilidade da MS, resultando em aumentos no consumo e no ganho de peso dos animais.

É de conhecimento geral que o teor de FDN apresenta estreita relação com o consumo de forragens e, conseqüentemente, com o desempenho dos animais. A relação entre os teores de FDN e de carboidratos solúveis menor ou igual a 3,0 tem sido utilizada na avaliação da qualidade nutritiva da cana-de-açúcar, sendo considerada indicativo de que a FDN não seria limitante ao consumo de MS e, portanto, do aporte de energia digestível para os animais (Rodrigues et al. 2001). Os valores observados para a relação FDN/CS das silagens estudadas foram de 5,2; 3,0; 3,2; 3,0 e 2,4 para os níveis 0; 0,5; 1; 1,5 e 2% de cal, respectivamente. Observa-se que somente as silagens com 0,5; 1,5 e 2% de cal apresentaram índices menores ou iguais a 3,0. Esse fato pode ser reflexo do menor teor de FDN nesses níveis de cal, em decorrência de maior hidrólise alcalina.

O teor de lignina das silagens não foi influenciado pelos níveis de cal, registrando-se valor médio de 7,30% (Tabela 1). Esse comportamento já era esperado, uma vez que essa fração é indigerível. No entanto, ao comparar esse valor com o valor médio de 6,21%, observado na cana antes da ensilagem, constata-se aumento de 17,5%, o que pode ser explicado por um efeito de concentração, haja vista que o teor de FDA apresentou valores mais elevados na silagem, em comparação à cana *in natura*.

Klopfenstein (1980) afirmou que o teor de lignina normalmente não é alterado com o processo de fermentação da massa ensilada, mas a ação de aditivos alcalinizantes, como a cal, leva ao aumento da digestão da fibra, provavelmente devido à quebra das ligações entre as frações de celulose e hemicelulose. Balieiro Neto et al. (2005) não observaram diferenças nos teores de lignina entre os tratamentos sem e com 0,5 e 1% de cal. Já Campos et al. (2003) relataram reduções nos teores de lignina de silagens de cana de 8,6; 6,2 e 2,9% para a silagem controle e aquelas tratadas com 1,5 e 3% de NaOH, respectivamente. Segundo esses autores, o NaOH, assim como a cal, promove a ruptura das estruturas lignocelulósicas por meio da hidrólise alcalina, pois a celulose é passível de ser hidrolisada a hexoses e a hemicelulose a pentoses, açúcares que podem suprir as necessidades energéticas dos ruminantes.

Os dados referentes à DIVMS das silagens ajustaram-se ao modelo quadrático, estimando-se valor máximo de 80,1% para o nível de 1,8% de cal. Este valor pode ser considerado elevado em se tratando de silagem de cana-de-açúcar, o qual supera em 21% aquele observado para a cana antes da ensilagem. Esse resultado provavelmente é explicado pela hidrólise alcalina da fração fibrosa da silagem, favorecendo a maior digestibilidade. No entanto, Moraes (2006) não constatou melhoria de consumo, digestibilidade e desempenho de bovinos ao fornecer silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal. O possível aumento da DIVMS no presente estudo pode ser decorrente de reações alcalinas ocorridas na pré-secagem das amostras na estufa, pelo aquecimento do material.

Aditivos alcalinos são utilizados para melhorar a digestibilidade da cana-de-açúcar, pois provocam expansão da celulose, reduzindo as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, que ligam moléculas de celulose e hemicelulose e, conseqüentemente, solubilizam e aumentam a digestibilidade dessas frações (Jackson, 1977; Klopfenstein, 1980, Van Soest, 1987).

O pH da silagem aumentou linearmente com a adição da cal (Tabela 2), estimando-se valores de 3,47 e 5,29 para as silagens tratadas com 0 e 2% de cal, respectivamente. Esse aumento no pH é explicado pela natureza alcalina da cal.

Balieiro Neto et al. (2005) registraram valores de pH de 3,6; 4,0; 4,4 e 4,9 para os níveis de 0; 0,5; 1 e 2% de óxido de cálcio em silagens de cana-de-

açúcar, respectivamente, os quais se assemelham aos observados no presente trabalho.

Valores mais elevados de pH não necessariamente resultam em fermentação inadequada, com altos teores de N-NH<sub>3</sub>, e proliferação de bactérias do gênero *Clostridium* ou enterobactérias, como observado em silagens de outras espécies forrageiras ou de cana sem aditivos (Balieiro Neto et al. 2005).

O teor de N-NH<sub>3</sub> ajustou-se a um modelo quadrático, estimando-se valor máximo de 9,88% para o nível 0,77% de cal (Tabela 2). Benacchio (1965) classificou as silagens, com base no teor de N-NH<sub>3</sub>, como sendo muito boas, quando os valores são inferiores a 10%; adequadas, quando entre 10 e 15%; aceitáveis, entre 15 e 20% e, insatisfatórias, quando os valores se situam acima de 20%. Mahanna (1993) relatou que para obter silagens estáveis de gramíneas ou leguminosas o teor de N-NH<sub>3</sub> deve situar-se abaixo de 15%.

Na Tabela 3 encontram-se os dados referentes à produção de gás e efluentes à recuperação de MS das silagens.

A produção de gás ajustou-se à equação de regressão  $\hat{y} = 16,8844 - 19,7467 * C + 7,10722 * C^2$  ( $r^2 = 0,92$ ), estimando-se produção mínima de gás de 3,18% para o nível de 1,39% de cal, provavelmente por inibir o desenvolvimento de microrganismos, estabilizando a fermentação na massa ensilada a partir deste nível de cal. Esse fato evidencia que silagens de cana que produzem mais gases estão mais susceptíveis a apresentar maior concentração de etanol, maior perda total de MS e, conseqüentemente, menor valor nutritivo.

Tabela 3- Produção de gás e efluentes e recuperação de MS (RMS) em silagens de cana-de-açúcar, em função de níveis de cal, e respectivos coeficientes de variação (CV)

Variáveis	Níveis de Cal (% na MN)					CV(%)
	0	0,5	1	1,5	2	
Gás (% MS)	17,8	6,47	4,74	4,48	3,76	9,49
Efluente (kg/t MV) <sup>1</sup>	94,7	79,6	76,8	58,4	58,1	8,71
RMS (% MS)	81,9	89,0	95,4	98,2	97,3	5,15

<sup>1</sup> kg por tonelada na matéria verde.

Já a produção de efluente decresceu linearmente com a adição de cal, segundo a equação  $\hat{y} = 92,4333 - 18,8953 *C$  ( $r^2 = 0,93$ ). Fato que pode ser explicado pela natureza absorvente da cal, uma vez que para que ocorra a reação da cal é necessário 1 mol de H<sub>2</sub>O para cada mol de CaO, ou seja, para cada 56 g de cal são necessários 18 g de água (Moraes et al. 2006), reduzindo, assim, as perdas por efluentes durante a fermentação no silo.

A RMS da massa ensilada ajustou-se ao modelo  $\hat{y} = 84,3864 + 8,01397 *C$  ( $r^2 = 0,85$ ). Tal fato pode ser explicado pelas menores produções de gás e efluente naquelas silagens tratadas com cal, conforme relatado anteriormente.

A RMS para a silagem controle foi superior aos dados obtidos por Kung JR e Stanley (1982) e Freitas et al. (2006) e inferior aos verificados por Pedroso (2003). Santos et al., citados por Schmidt et al. (2006), verificaram que os níveis de 1,0 e 1,5% de cal foram efetivos em reduzir as perdas de MS e a produção de gás nas silagens de cana-de-açúcar, conduzindo à maior RMS.

Na Tabela 4 encontram-se as populações de microrganismos observadas para a cana-de-açúcar e suas silagens. Observam-se populações de enterobactérias mais elevadas naquelas silagens produzidas com cal. Uma provável explicação seria o pH mais elevado nessas silagens, uma vez que esta variável cresceu linearmente com as doses de cal. Isto é um fato interessante, uma vez que normalmente as enterobactérias são substituídas pelos grupos lácticos à medida que o pH no meio é acidificado (Muck, 1996). Segundo Meesk et al. (1999), a população de enterobactérias sofre grande redução até o décimo dia de ensilagem, podendo ou não desaparecer por completo até o final do período de conservação da forragem.

Tabela 4- Populações de enterobactérias, bactérias ácido-láticas (BAL), mofos e leveduras, antes da ensilagem e nas silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal

Microrganismos	Cana-de-açúcar	Níveis de Cal (% MN)				
		0	0,5	1,0	1,5	2,0
		Silagens				
Enterobactérias <sup>1</sup>	5,45	3,64	3,85	4,09	4,15	4,66
BAL <sup>1</sup>	5,09	5,63	6,27	6,36	7,17	6,34
Mofos e leveduras <sup>1</sup>	6,72	5,11	5,76	5,12	4,11	4,29

<sup>1</sup> Expresso em log ufc/g de matéria verde.

A população de BAL na cana-de-açúcar antes da ensilagem é adequada para que perdas deixem de ocorrer ao longo da fermentação, em decorrência da fermentação láctica da massa ensilada, conforme Muck (1991). Quanto à população desses microrganismos nas silagens, observou-se população mais elevada ( $10^7$  ufc/g forragem fresca) naquela silagem tratada com 1,5% de cal. É oportuno destacar que nesse nível de cal foi constatada a maior recuperação da MS da massa ensilada (Tabela 3). A população de BAL na cana-de-açúcar foi superior e inferior aos valores de  $10^4$  e  $10^6$  ufc/g forragem fresca encontrados por Pedroso (2003) e Alli et al. (1983), respectivamente.

A população inicial de mofos e leveduras na planta assemelha-se aos  $10^6$  ufc/g forragem fresca obtidos por Alli & Baker (1983), antes da ensilagem da cana-de-açúcar.

Constata-se menor população de mofos e leveduras ( $10^4$  ufc/g forragem fresca) naquela silagem tratada com 1,5% de cal, o que pode explicar a maior recuperação de MS da massa ensilada com esse nível de cal.

Os parâmetros da fração solúvel (A), da fração insolúvel potencialmente degradável (B) e da taxa de degradação da fração B ( $K_d$ ) das equações ajustadas para a degradabilidade da MS das silagens de cana-de-açúcar, sob níveis crescentes de cal, encontram-se na Tabela 5.

Observa-se que, com exceção da silagem controle, as demais silagens apresentaram valores da fração A acima de 50% para MS, o que é atribuído a ação alcalina da cal, conforme já citado. Considerando que a fração A representa a porção da planta que está prontamente disponível para os

microrganismos ruminais, a cal adicionada na ensilagem contribuiu significativamente para o acréscimo da degradabilidade da MS.

Tabela 5- Estimativas dos parâmetros de degradabilidade ruminal da matéria seca (MS) das silagens de cana-de-açúcar, em função de níveis de cal

Níveis de Cal (% MN)	Degradabilidade da MS			R <sup>2</sup>
	A	B	K <sub>d</sub>	
0,0	30,58	23,72	0,020	0,86
0,5	51,35	23,32	0,016	0,67
1,0	53,50	29,72	0,012	0,91
1,5	55,39	26,93	0,017	0,83
2,0	58,75	23,37	0,020	0,84

A = fração solúvel (%); B = fração insolúvel potencialmente degradável (%); k<sub>d</sub> = taxa fracional de degradação (h<sup>-1</sup>) (%/hora) e R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação.

Os valores observados para a fração insolúvel potencialmente degradável (B) apresentaram pequena variação, registrando-se valor médio de 25,4%.

Uma característica importante da cana é seu elevado teor da fração indigestível da MS, quando comparada a outras gramíneas. Esta fração foi obtida pela equação  $X = 100 - (A + B)$ , estimando-se valores de 45,7; 25,3; 16,7; 16,3 e 17,8% para os níveis de cal de 0; 0,5; 1; 1,5 e 2%, respectivamente.

Os parâmetros relativos à fração potencialmente degradável (B), à fração indigestível (I), ao tempo de latência (L) e à taxa de degradação da fração B (K<sub>d</sub>) das equações ajustadas para a degradabilidade da FDN das silagens de cana-de-açúcar, sob níveis crescentes de cal, encontram-se na Tabela 6.

Constata-se que a fração B apresentou valores numericamente mais elevados nas silagens com 1; 1,5 e 2% de cal, fato que provavelmente se deve à quebra das ligações entre as frações de celulose e hemicelulose, em decorrência da hidrólise alcalina da cal. Conseqüentemente, maiores valores de B refletem em menores valores da fração indegradável I.

Tabela 6- Estimativas dos parâmetros da degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) e respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para as silagens de cana-de-açúcar, em função de níveis de cal

Níveis de Cal (% MN)	Degradabilidade da FDN					$R^2$
	<i>B</i>	<i>I</i>	<i>L</i>	$K_d$	FDNi	
0,0	51,47	34,06	3,14	0,008	33,80	0,95
0,5	50,04	32,33	0,02	0,010	24,18	0,95
1,0	52,55	29,27	0,99	0,016	14,92	0,97
1,5	53,18	25,54	2,77	0,019	14,17	0,98
2,0	55,26	22,79	1,24	0,017	9,50	0,99

*B* = fração insolúvel potencialmente degradável (%); *I* = fração indegradável (%); *L*: tempo de colonização e  $k_d$  = taxa fracional de degradação ( $h^{-1}$ ) (%/hora).  
FDNi: FDN indigestível, obtida após a incubação por 144 horas.

O valor da fração *I* da FDN da silagem controle encontra-se bem abaixo dos 45,1% relatados por Valadares Filho et al. (2006) para cana-de-açúcar *in natura*. Azevedo et al. (2003) e Fernandes et al. (2003) também relataram valores elevados para a fração *I*, variando entre 52,4 e 61,7 para a cana-de-açúcar. Essas variações podem ser devido às diferenças entre cultivares por ocasião da colheita.

A adição da cal proporcionou menores teores da fração indegradável da FDN, o que provavelmente está relacionado aos menores teores de FDA (Tabela 1) observados para as silagens com aditivo, apesar de não haver relação entre a PIDA e a fração indegradável da fibra (Van Soest, 1994). Este fato se deve à hidrólise alcalina da cal, como citado anteriormente.

Trabalhos em que a degradabilidade *in situ* de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal é avaliada, são escassos na literatura. Porém, os efeitos de agentes alcalinos sobre a degradabilidade da FDN, devido à hidrólise alcalina, estão bem consolidados (Van Soest, 1987). Balieiro Neto et al. (2006) observaram que a utilização de 1% de cal foi eficiente em aumentar a degradabilidade da fibra da cana *in natura*. Os autores destacaram também que podem ocorrer reações entre o óxido e os componentes da fibra e, ou, açúcares, quando a amostra apresenta reduzida disponibilidade de umidade, conduzindo a falsas interpretações quanto ao efeito do aditivo.

O método de ensilagem, *per si*, normalmente tem pouco efeito na composição dos carboidratos estruturais das forragens (Merchen & Bourquin, 1994). Portanto, pode-se supor que as taxas de degradação dos carboidratos fibrosos não são significativamente alteradas durante o processo de ensilagem.

As taxas de digestão da FDN das silagens tratadas com cal apresentaram-se de forma numericamente crescente até o nível de 1,5% de cal. A maior taxa de degradação da FDN pode ser bastante favorável, pois aumenta a possibilidade de escape da fração não-digerida. As taxas de passagem e de degradação afetam o consumo, de modo que altas taxas de degradação implicam resíduo ruminal mínimo e rápida remoção (Paterson et al. 1994). Segundo Fernandes et al. (2003), a cana-de-açúcar *in natura* apresenta lenta taxa de degradação da FDN, de aproximadamente 0,02 h<sup>-1</sup>. Contudo, valores mais elevados para essa característica, variando entre 0,02 e 0,03 h<sup>-1</sup>, têm sido registrados (Campos et al. 2001; Azevedo et al. 2003; Campos, 2004). Em suma, pode-se considerar que as silagens de cana-de-açúcar avaliadas apresentaram baixa taxa de degradação.

Contudo, é oportuno destacar que a adição de cal resultou em valores mais elevados de digestão para as silagens. Desta forma, o tratamento da forragem com substâncias hidrolíticas resulta em considerável alteração na estrutura e composição da parede celular, com solubilização parcial da hemicelulose, permitindo que os microrganismos do rúmen tenham maior superfície específica para se agregarem e, conseqüentemente, aumentem a extensão da degradação dos polissacarídeos (Merchen & Bourquin, 1994).

## Conclusão

A adição de 1,5% de óxido de cálcio à cana-de-açúcar resulta em maior recuperação de MS da massa ensilada, melhor digestibilidade *in vitro* da MS, bem como em maior população de bactérias ácido-láticas e menor quantidade de leveduras, indicando boa fermentação.

## Referências Citadas

- ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R. et al. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. **Ruminal Kinetics** *Animal Feed Science and Technology*, v. 23, p.323-331, 1989.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B. E.; et al. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p. 291-299, 1983.
- ALLI, I.; BAKER, B.E.; GRACIA, G. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v. 7, p. 411-417, 1982.
- AZEVÊDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; CARNEIRO, P. C. S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.
- BALIEIRO NETO, G.; PAZ, C.C.P.; NOGUEIRA, J.R. Estabilidade aeróbia e perdas de matéria seca de variedades de cana-de-açúcar *in natura* tratada com óxido de cálcio. In: Zootec 2006. **Anais...** Recife, PE, 2006a.
- BALIEIRO NETO, G.; LIMA M.L.P.; REIS, R.A.. Degradabilidade ruminal *in situ* da FDA, FDN e celulose, com incubação de amostras secas e úmidas, das variedades de cana-de-açúcar IAC91-2195 e IAC86-2480 tratadas ou não com óxido de cálcio. In: Zootec 2006. **Anais...** Recife, PE, 2006b.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.; NOGUEIRA, J.R. Perdas na ensilagem da 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: Zootec 2005. **Anais...** Campo Grande , MS, 2005.
- BARBOSA, M.H.P.; SILVEIRA, L.C.I. Cana-de-açúcar: Variedades, estabelecimento e manejo. In: Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem. 3, Viçosa, 2006. **Anais...** Viçosa, UFV, 2006.
- BERNARDES, T. F.; SILVEIRA, R. N.; COAN, R. M. et al. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua pó queimada ensilada com aditivo. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.
- BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (*Sorghum vulgare*). **Agronomia Tropical**, v. 14, n. 4, p. 651-658, 1965.
- CAMPOS, P.R.S.C. **Estimativa do valor energético e da taxa de degradação da fibra em detergente neutro de alguns volumosos em ovinos**. 2004. 56p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Federal de Viçosa, 2004.

- CAMPOS, A.B.; BENEDETTI, E.; MARI, L.J. et al. Valor nutritivo de seis variedades de cana-de-açúcar tratadas com aditivos. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 40. 2003, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria, 2003. CD-ROM.
- CAMPOS, F.P.; SAMPAIO, A.A.M.; VIEIRA, P.F. et al. Digestibilidade in vitro/ gás de volumoso exclusivos ou combinados avaliados pelo resíduo remanescente da digestão da matéria seca e produção de gás. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1579-1589, 2001.
- CASTRILLÓN, M. V.; SHIMADA, A. S.; CALDERÓN, F. M. Manipulacion de la fermentacion em ensilajes de cãna de azucar y su valor alimenticio para borregos. **Técnica Pecuária em México**, v.35, p.48-55, 1978.
- CHAGAS, G. Cana hidrolisada garante alimentação bovina no inverno. **Jornal UNESP**, Jaboticabal, v. 19, n. 203. Disponível em (<http://www.unesp.br/aci/jornal/203/cana.php>). Acesso em: 17 ago. 2006.
- COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNERDES, T.F. et al. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002. Recife. **Anais...** Pernambuco: SBZ, 2002.
- FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.4, p. 977- 985, 2003a.
- FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Fracionamento e cinética da degradação *in vitro* dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.6, p. 1778- 1785, 2003b.
- FREITAS, A. W. P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, et al. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.48-59, 2006.
- GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUEZ, A. A. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 3, p. 926-933, 2003.
- HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, p. 3226–3232, 2003.
- JACKSON, M. G. Review article. The alkali treatment o straws. **Animal Feed Science and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

- JONES, D.I.; JONES, R. The effect of crop characteristics and ensiling methodology on grass silage effluent production. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v.60, p.73-81, 1995.
- KLOPFENSTEIN, T. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J. T. (Ed.). **Upgrading residues and by-products for animals**. Boca Rato: CRC Press, 1980. p.40-60.
- 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, p.689-696, 1982.
- LATTEMAE, P.; LINGVALL, P. Effect of hexamine and sodium nitrite in combination with sodium benzoate and sodium propionate on fermentation and storage stability of wilted and long cut grass silage. **Swedish Journal of Agricultural Research**. v.26, p.135-146, 1996.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57: p.347-358, 1996.
- LIMA, M.L.M.; MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos. 5, Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.77-105.
- MAHANNA, B. Troubleshooting silage problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4. 1993. Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin, 1993. p. 1-24.
- MARI, L J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*): Produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2002, 138p. Dissertação de Mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ, Piracicaba.
- MARINES, E. Processo de hidrólise da cana para alimentação de vacas em lactação. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR. Disponível em: (<http://www.sbrt.ibict.br>). Acesso em 10 de ago 2006.
- McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.49, n.13,p.49-50, 1977.
- McDONALD, P.J.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2 Ed. Mallow Chalcombe Publications, 1991. 340 p.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Nova York: John Wiley & Sons, 1981. 226p.
- MERCHEN, N.R.; BOURQUIN, L.D. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based diets by ruminants. In: FAHEY JR.,

- G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.564-612.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p.1437-1446, 1980.
- MEESKE, R.; BASSON, H. M. CRUYWAGEN. The effect of lactic acid and bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 81, p. 237-248, 1999.
- MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K., et al. 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.
- MUCK, R. E. Silage inoculation: inoculation of silage and its effects on silage quality. In: Conference with Dairy and Forage Industries. **Proceedings...** Madison. 1996. p.43-51.
- MUCK, R.E..**Silage fermentation**. In: Mixed Cultures in Biotechnology. New York: McGraw Hill Inc., cap.7, 1991. p.171-204.
- NOCEK, J.E. *In situ*. and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.5, p.2069, 1988.
- NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. In: Simpósio sobre Bovinocultura Leiteira, 5, Piracicaba, 2005. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p.193-218.
- NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. **II Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p.01-33.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar In: EVANGEISTA, A.R.; REIS, S.T.; GOMIDE, E.M. (Ed.) **Forragicultura e pastagens: Tema em evidência - Sustentabilidade**. Lavras: Editora UFLA, 2003. p. 49-72.
- OLIVEIRA, M. W.; MENDES L.C.; MARQUES W.P.; et al. Adição de hidróxido de cálcio à silagem de cana. Zootec 2004. **Anais...** 2004, Brasília, DF.
- ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.1, p.449-453, 1979.

- PATTERSON, J. A.; BELYEA, R. L.; BOWMAN, J. P. et al. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: FAHEY JR., G. C. (Ed) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison, ASA, 1994. cap. 2, p.59-114.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos, microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120f. Tese (Doutorado em agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 38, 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: SBZ, 2001.
- SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; SOUSA, D.P. et al. Estabilidade aeróbia e perda de matéria seca de cana-de-açúcar *in natura* tratada com níveis crescentes de óxido de cálcio. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 42, Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005.
- SCHMIDT, P; MARI, L.J; NUSSIO, L.G. Cana-de-açúcar tratada com cal virgem: Fatos e Mitos. Disponível em: (<http://www.beefpoint.com.br>). Acesso em: 12 set. 2006.
- SIQUEIRA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, et al. Interações entre inoculantes microbianos e aditivos químicos na fermentação e estabilidade aeróbia das 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. CD-ROM.
- SILVA, S.C. A cana-de-açúcar como alimento volumoso suplementar. In: **Volumosos para bovinos**. Piracicaba, FEALQ, 1993. p.59-74.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 165p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2000. 150p. (Manual do usuário).
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed. Universidade Federal de Viçosa: UFV, DZO, 2006. 329p.

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

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Corvallis: O & B Books, 1987. 373p.

VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.; ARCARO, J.R.P. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição a silagem de milho para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.

## SILAGENS MISTAS DE CANA-DE-AÇÚCAR E CAPIM-ELEFANTE COM INOCULANTE MICROBIANO

**Resumo** - Avaliaram-se os efeitos da adição de níveis de capim-elefante (0; 25; 50; 75 e 100% na matéria natural) sobre a composição química e as perdas em silagens de cana-de-açúcar, tratadas com inoculante bacteriano, utilizando-se silos laboratoriais. Adotou-se um esquema fatorial 2 x 5 (com e sem inoculante e cinco de capim), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Observou-se efeito de níveis de capim-elefante (CE) e inoculante, para PIDA, e da interação entre estes para PB e pH. As demais variáveis foram influenciadas apenas pelos níveis de CE. Os teores de MS, FDN, FDNcp, FDA, hemicelulose e lignina nas silagens aumentaram linearmente com a adição dos níveis crescentes de CE. Por sua vez, o teor de carboidratos solúveis e a DIVMS das silagens decresceram linearmente com o incremento de CE. Em relação aos valores de PIDN e N-NH<sub>3</sub>, nenhuma equação de regressão ajustou-se aos dados, registrando-se valor médio de 36,3 e 7,0% na MS, respectivamente. Os valores de PB das silagens inoculadas e não inoculadas ajustaram-se a modelos lineares, crescentes e decrescentes, respectivamente. Observou-se maior teor de PB nas silagens tratadas com inoculante. Os valores de pH das silagens, com e sem inoculante, ajustaram-se a modelos quadráticos e lineares, respectivamente. Os teores de ácido láctico, propiônico e butírico não foram influenciados pelos níveis de CE, enquanto que os teores de ácido acético, para as silagens não-inoculadas, e de etanol decresceram linearmente com o aumento de CE. As perdas por gases e efluentes decresceram linearmente com o incremento de níveis de CE. A adição de 25% de cana-de-açúcar ao CE promove melhoria no valor nutricional e maior recuperação da MS ensilada, em decorrência das mais baixas produções de efluentes e gases. O inoculante bacteriano não teve efeito na silagem de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** ácidos orgânicos, efluente, etanol, valor nutritivo

## MIXED SILAGES OF SUGAR CANE AND ELEPHANT GRASS WITH BACTERIAL INOCULANT

**Abstract** - In this experiment, the elephant grass (EG) addition levels effects (0, 25, 50, 75 and 100% in the natural matter basis) on chemical composition were evaluated, and losses were studied in sugar cane silages treated with bacterial inoculant. A 2 x 5 (with or without inoculants x five grass levels) factorial arrangement was used in a completely randomized design with three replicates. EG and inoculant effects were observed to acid detergent insoluble protein and interaction among these effects was observed to crude protein (CP) and pH. The other variables were just influenced by the EG levels. The dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), NDF corrected to ashes and protein, acid detergent fiber, hemicellulose and lignin contents in the silages increased linearly with the EG addition. However, the water-soluble carbohydrates and vitro dry matter digestibility contents decreased linearly with the EG increment in the silages. No regression equation was adjusted to the insoluble protein contents in neutral detergent and ammonia nitrogen concentration in relation to the total nitrogen, estimating a medium value of 36.3% and 7.0% in the DM, respectively. The CP content in the inoculated and not inoculated silages was adjusted to lineal models, however inversely related, estimating increases and decreases values to these silages, respectively. The inoculant was efficient to increase the CP content in the sugar cane silages. The smaller pH was verified in the silages with higher EG levels and treated with microbial inoculant. The content of pH to the inoculated and not inoculated silages was adjusted to quadratic and lineal models, respectively. The contents of lactic, propionic and butyric acids were not influenced by the EG levels while acetic acid content in not inoculated silages and ethanol content decreased linearly with the EG increment in the silages. The DM losses by gases and effluents decreased linearly with the increment of EG levels, contributing to a higher dry matter recovery in the silages. The EG doesn't serve as an additive for the sugar cane silage, however, the addition of 75% of the EG to the sugar cane promoted higher nutritional value and higher recovery of the mass DM due to the lower effluents and gases productions. The bacterial inoculant didn't have effect in the sugar cane silage.

**Key words:** effluent, ethanol, nutritious value, organic acids

## Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é amplamente difundida no Brasil e tem atraído a atenção dos pesquisadores, principalmente pela elevada produção de biomassa ensilável (145 t/ha.ano) (Barbosa, 2006), que dilui de forma expressiva os custos de produção, quando comparada às silagens de milho e sorgo (Anualpec, 2006).

Nesse sentido, vêm sendo realizados estudos referentes ao processo de ensilagem dessa gramínea, aproveitando suas características nutricionais, mais elevadas no período seco do ano, e a diminuição do trabalho com cortes diários.

Entretanto, silagens exclusivas de cana-de-açúcar geralmente são caracterizadas pelo excesso de açúcares solúveis, resultando em um produto de intensa fermentação alcoólica, devido às reações bioquímicas, catalisada via fermentativa pelas leveduras, com alta produção de CO<sub>2</sub>, água e etanol, causando reduções de até 44% no teor de carboidratos solúveis, aumento nos componentes da parede celular e perdas de MS nas forragens assim conservadas (Alli et al. 1983). Uma opção para controlar esses problemas seria a utilização de aditivos que efetivamente atuem sobre os microrganismos controlando a produção de etanol, e reduzam a produção de efluente, melhorando o processo de fermentação, para que a ensilagem da cana-de-açúcar possa ser justificada (Alli et al. 1982; Nussio et al. 2003).

O uso de materiais absorventes, como o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) com alto teor de MS, adicionado à cana-de-açúcar por ocasião da ensilagem, mostra-se como uma alternativa. Esse procedimento favorece a elevação do teor de MS do material ensilado, tornando, assim, o ambiente no silo menos favorável ao desenvolvimento de leveduras.

Faria (1966) afirmou que a cana-de-açúcar pode ser aproveitada como fonte de carboidratos prontamente fermentescíveis para a ensilagem de plantas forrageiras tropicais, podendo ser utilizada na proporção de 20% para a conservação de gramíneas e de 40 a 50% para leguminosas. Faria (1971) registrou aumento próximo a 100% nos teores de carboidratos solúveis da

silagem de capim-elefante cv. Napier com 30% de cana-de-açúcar, em relação ao capim-elefante controle, observando ainda acréscimos moderados no teor de MS, acarretando melhoria no processo fermentativo, com redução do pH e ácido butírico e elevação nas quantidades de ácido láctico. Almeida (1985) verificou que a adição de 15 e 30% de cana-de-açúcar ao capim-elefante cv. Cameroon, durante a ensilagem, foi suficiente para obter teores de carboidratos solúveis na MS dentro dos valores mínimos (13 a 16%) estabelecidos para que haja fermentação adequada na massa ensilada, segundo Catchpoole & Henzell (1971).

Os inoculantes microbianos abrangem a classe de aditivos com mais rápido desenvolvimento em todo o mundo (Muck & Kung Jr., 1997) e, segundo Filya et al. (2000), estes aditivos têm se destacado como alternativa disponível, pois são produtos seguros, fáceis de ser manuseados, não-corrosivos e não-poluentes, sendo considerados produtos naturais. Contudo, apresentam melhor desempenho em silagens com teor de MS superior a 30% (Bolsen et al. 1995) e apresentam efeitos mais expressivos em silagens de capins, em comparação às de milho e sorgo, visto que estes possuem adequados teores de carboidratos solúveis e populações de bactérias endógenas (Meeske & Basson, 1998; Meeske et al. 1999). Este fato deve ser levado em consideração ao trabalhar com inoculantes à base de bactérias do ácido láctico (BAL) homofermentativas na cana-de-açúcar, pois esta gramínea apresenta elevado teor de carboidratos solúveis, desencadeando uma intensa produção de ácido láctico como resultado da fermentação homolática das BAL, o qual é usado como substrato pelas leveduras para síntese de etanol (Nussio & Schmidt, 2005).

Com base nas variações dos resultados nos trabalhos com silagens mistas de capim-elefante e cana-de-açúcar e naqueles utilizando inoculantes microbianos, tanto em silagens de cana-de-açúcar como de capim-elefante, conduziu-se o presente trabalho, objetivando-se avaliar a composição química e as perdas na fermentação de silagens mistas de cana-de-açúcar e capim-elefante, associadas ou não a inoculante bacteriano.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, localizada no município de Viçosa - MG. A cidade de Viçosa está situada a 20° e 45' de latitude sul, 42° e 51' de longitude oeste e 657 m de altitude, apresentando precipitação média anual de 1.341 mm, dos quais cerca de 86% ocorrem nos meses de outubro a março. A temperatura média das máximas é de 26,1°C e a média das mínimas é de 14,0°C.

A cana-de-açúcar e o capim-elefante cv. Cameroon foram colhidos manualmente com o auxílio de facão, aos 22 e cinco meses de idade, respectivamente, sendo em seguida picados em partículas de aproximadamente 2 cm, em máquina ensiladeira estacionária. A cana-de-açúcar foi substituída pelo capim-elefante nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% na matéria natural, associada ou não ao inoculante bacteriano MASTER SILO, da BIOTRADE Indústria e Comércio, o qual apresentava em sua composição os seguintes níveis de garantia: bactérias do ácido láctico (BAL): *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* ( $2,5 \times 10^{10}$  ufc/g). O inoculante foi aplicado conforme recomendações do fabricante, utilizando-se um pulverizador de 2L de capacidade.

Adotou-se um esquema fatorial 2 x 5 (com e sem inoculante e cinco níveis de capim-elefante), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. O material foi ensilado em baldes plásticos (silos experimentais) com capacidade de 15L, dotados de válvula de Bünsen em sua tampa, para permitir o escape dos gases oriundos da fermentação. No fundo dos baldes foram colocados 3 kg de areia seca, separada da forragem por um pano, para posterior estimativa da produção de efluente. Os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados em área coberta, em temperatura ambiente, até o momento da abertura, que ocorreu 40 dias após a ensilagem. Nessa ocasião, procedeu-se a uma nova pesagem, para quantificação das perdas oriundas da fermentação, sendo colhidas amostras para determinações de pH, e nitrogênio amoniacal/N total (N-NH<sub>3</sub>) e uma amostra que foi congelada, para posterior análise de ácidos graxos voláteis (AGVs).

As amostras destinadas à pré-secagem, aproximadamente 500 g, foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas, procedendo-se, em seguida, sua moagem em moinho tipo Wiley, em partículas de 1 mm. Nessas amostras, devidamente processadas, foram realizadas determinações de matéria seca definitiva, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina, nitrogênio total, carboidratos solúveis em água (CS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em 48 horas, segundo Silva e Queiroz (2002); a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN<sub>CP</sub>), segundo Hall (2003); e as análises de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) conforme Licitra et al. (1996).

Para análise de pH, foram colhidas amostras de 25 g, às quais foram adicionados 100 mL de água destilada, e, após repouso por 2 horas, efetuou-se a leitura do pH, utilizando-se um potenciômetro. Em outra amostra de 25 g, foram adicionados 200 mL de uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,2 N, que permaneceu em repouso por 48 horas em geladeira, efetuando-se, em seguida, a filtragem em papel-filtro tipo Whatman<sup>®</sup> 54. O teor de N-NH<sub>3</sub> como porcentagem do N-total, foi dosado no filtrado utilizando-se KOH a 2 Normal.

De cada silo retirou-se ainda, outra amostra, de aproximadamente 500 g, que foi mantida em freezer (-5°C), para determinação de ácidos graxos voláteis e etanol. Essas amostras foram encaminhadas para o Setor de Cromatografia – Pesquisas Especiais do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. Após descongelamento, efetuou-se a sua prensagem, para obtenção do suco das silagens e posterior análises de etanol e ácidos láctico, acético, butírico e propiônico por cromatografia gasosa (AOAC, 1980), em aparelho Shimadzu CG-17A com coluna capilar NUKOL.

As perdas de MS sob as formas de gases e efluente foram quantificadas por diferença de peso, segundo metodologia descrita por Mari (2002).

A perda por gases foi calculada com base na diferença de peso da massa de forragem seca, pela equação:

$$G = (PCI - PCf) / (MFi \times MSi) \times 10.000$$

em que:

*G*: perdas por gases (%MS);

*Pci*: peso do balde cheio no fechamento (kg);

*Pcf*: peso do balde cheio na abertura (kg);

*MFi*: massa de forragem no fechamento (kg); e

*MSi*: teor de matéria seca da forragem no fechamento.

A perda por efluente foi calculada pela diferença de peso da areia relacionada à massa de forragem no fechamento dos silos.

$$E = [(PVf - Tb) - (PVi - Tb)] / MFi \times 1000$$

em que:

*E*: produção de efluente (kg/tonelada de MS);

*PVi*: peso do balde vazio + peso da areia no fechamento (kg);

*PVf*: peso do balde vazio + peso da areia na abertura (kg);

*Tb*: tara do balde; e

*MFi*: massa de forragem no fechamento (kg).

O índice de recuperação de matéria seca (RMS) foi obtido pela diferença de peso da massa de forragem no momento da ensilagem e da abertura dos silos e seus respectivos teores de MS, segundo a equação:

$$RMS = (MFf \times MSf) / (MFi \times MSi) \times 100$$

em que:

*RMS*: taxa de recuperação de matéria seca (%);

*MFi*: massa de forragem no fechamento (kg);

*MSi*: teor de matéria seca da forragem no fechamento (%);

*MFf*: massa de forragem na abertura (kg); e

*MSf*: teor de matéria seca da forragem na abertura (%).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão, utilizando-se o programa SAEG versão 8,0 (Universidade Federal de Viçosa-UFV, 2000). Para o fator qualitativo (inoculante) aplicou-se o teste t a 5%, na comparação das médias. A escolha das equações de regressão baseou-se no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t.

## Resultados e Discussão

A composição química e a digestibilidade *in vitro* da MS da cana-de-açúcar, associada a diferentes níveis de capim-elefante, tratadas ou não com inoculante antes da ensilagem, encontram-se na Tabela 1.

Foram registrados valores de 28,5 e 27,5% e 31,7 e 32,9% para os teores de MS da cana-de-açúcar e do capim-elefante, na ausência e presença de inoculante microbiano, respectivamente (Tabela 1). Esses valores são superiores aos preconizados por McDonald et al. (1991), como condição para que as perdas por efluentes no silo sejam minimizadas e ocorra manutenção dos nutrientes nas silagens. Os valores registrados para cana-de-açúcar assemelham-se àqueles encontrados por Bernardes et al. (2002) e Coan et al. (2002), enquanto aqueles observados para o capim-elefante são decorrentes do seu avançado estágio de maturidade por ocasião da colheita.

Os valores observados para as demais variáveis (Tabela 1), com exceção daqueles referentes à PB do capim-elefante, estão de acordo com os valores médios encontrados por Valadares Filho et al. (2006), para as respectivas gramíneas.

Quanto aos teores de carboidratos solúveis (CS), registraram-se valores médios de 37,5 e 10,3% para a cana-de-açúcar e o capim-elefante, respectivamente. McCullough (1977) preconizou teor de CS acima de 8% da MS e teor de umidade próximo a 70%, como potencial para ensilagem de uma planta. Porém, Haigh (1990) sugeriu que existe uma relação inversa entre a necessidade de açúcares e o teor de MS da forragem, para que se tenha fermentação adequada. Já Van Soest (1994) preconizou que a relação CS:capacidade-tampão seja elevada, para obter silagem de boa qualidade, caso o teor de MS da forragem seja reduzido.

Tabela 1-Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis em água (CS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina, digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), pH e nitrogênio amoniacal/N total (N-NH<sub>3</sub>) na cana-de-açúcar antes da ensilagem, em função de níveis de capim-elefante e inoculante bacteriano

Variáveis	Níveis de capim-elefante (% na MN)									
	0		25		50		75		100	
	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I
MS (%)	28,5	27,5	28,0	28,9	30,1	31,2	31,5	31,8	31,7	32,9
MO <sup>1</sup>	86,9	81,1	89,5	87,3	83,2	93,8	93,7	93,3	93,3	93,6
PB <sup>1</sup>	1,86	1,70	1,94	1,91	1,96	2,07	2,13	2,13	2,07	2,17
PIDN <sup>2</sup>	41,7	42,9	35,2	48,0	26,4	59,2	41,3	35,7	35,4	49,9
PIDA <sup>2</sup>	26,0	26,2	26,4	33,2	21,8	30,9	32,1	26,4	26,3	29,8
CS <sup>1</sup>	38,2	36,8	31,4	27,2	16,1	19,3	12,0	15,3	10,2	10,3
FDN <sup>1</sup>	47,1	48,8	60,8	60,9	68,7	69,6	76,6	76,9	79,4	80,8
FDN <sub>cp</sub> <sup>1</sup>	43,0	44,8	57,6	58,9	66,4	66,3	75,5	75,1	78,3	78,6
FDA <sup>1</sup>	25,4	25,7	33,1	35,3	39,5	38,8	44,3	45,6	46,0	48,9
HEM <sup>1</sup>	21,8	23,1	27,8	26,6	29,1	30,8	32,3	31,2	33,8	31,8
LIGNINA <sup>1</sup>	7,88	9,61	8,05	10,5	9,19	12,2	8,78	10,7	8,21	9,70
DIVMS (%)	64,5	62,1	55,8	51,6	50,0	49,2	43,4	38,2	40,3	38,2
pH	5,9	6,1	6,1	6,2	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,5
N-NH <sub>3</sub> <sup>3</sup>	6,14	5,77	4,92	5,64	4,30	4,55	4,17	4,71	3,62	3,58

NI: não-inoculado e I: inoculado

<sup>1</sup> % da MS, <sup>2</sup> % da PB, <sup>3</sup> % do nitrogênio total.

Os valores médios referentes à composição química e à DIVMS das silagens de cana-de-açúcar, em função dos níveis de capim-elefante e inoculante, encontram-se nas Tabelas 2, e as equações de regressão ajustadas para essas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação encontram-se na Tabela 3.

Tabela 2- Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis em água (CS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina, proteína bruta (PB) e digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) nas silagens em função de níveis de capim-elefante, tratadas ou não com inoculante bacteriano

Inoculante	Níveis de capim-elefante (% na MN)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
			MS (%)			
I	25,8	28,4	30,8	31,5	31,6	2,26
NI	25,8	28,1	30,3	31,0	31,0	
			MO (%)			
I	94,3	93,8	93,3	93,1	93,0	0,62
NI	94,6	94,2	93,7	93,4	92,8	
			PB (% MS)			
I	2,5 A	2,4 A	2,2 A	2,3 A	2,2 A	8,87
NI	1,5 B	2,2 A	2,2 A	2,2 A	2,4 A	
			PIDN (% PB)			
I	21,5	30,7	39,5	44,9	40,8	38,44
NI	35,5	30,1	38,3	41,9	40,2	
			PIDA (% PB)			
I	27,0	25,2	27,6	26,8	22,1	13,0
NI	32,4	29,0	28,7	29,6	20,3	
			CS (% MS)			
I	12,4	10,6	7,2	6,2	5,2	19,08
NI	12,4	10,8	6,5	5,0	5,0	
			FDN (% MS)			
I	62,9	69,2	73,4	77,0	80,8	2,74
NI	67,9	72,5	72,7	77,4	80,8	
			FDN <sub>cp</sub> (% MS)			
I	58,5	65,4	69,7	73,2	77,4	3,21
NI	63,9	68,8	68,8	73,8	77,8	
			FDA (% MS)			
I	36,2	39,4	42,5	45,0	45,8	4,98
NI	39,0	42,2	42,7	45,8	49,9	
			HEM (% MS)			
I	26,7	29,8	30,9	32,1	34,9	6,60
NI	28,9	30,7	29,8	31,5	30,9	
			LIGNINA (% MS)			
I	6,1	7,2	7,9	8,7	8,7	16,13
NI	6,4	7,0	8,8	11,5	12,0	
			DIVMS (%)			
I	47,4	47,0	43,2	38,7	36,2	4,89
NI	44,1	44,3	45,5	41,5	38,3	

I: inoculado e NI: não-inoculado.

<sup>2</sup> Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste t (P<0,05).

A análise de variância revelou efeito ( $P < 0,05$ ) da interação níveis de capim e inoculante, para as variáveis PB e pH, e de níveis de capim e inoculante para a variável PIDA. As demais variáveis avaliadas foram influenciadas apenas por níveis de capim.

O teor de MS das silagens aumentou linearmente com o incremento dos níveis de capim, estimando-se valores de 26,7 e 32,6%, para silagens com 0 e 100% de capim-elefante, respectivamente. Este fato se deve ao teor de MS mais elevado no capim, em relação à cana.

É oportuno destacar a queda no teor médio de MS da silagem exclusiva de cana (25,8%), em relação ao valor da cana, por ocasião da ensilagem (28%). Tal comportamento não era esperado, uma vez que nessa silagem e naquela contendo 25% de capim-elefante ocorreram perdas mais elevadas de efluentes (Tabela 4). Coan et al. (2002) e Evangelista et al. (2003) também observaram reduções nos teores de MS da cana, de 27,3 e 36,0 para 20,9 e 25,3%, nas suas silagens, respectivamente, fato que pode ser explicado pela redução nos teores de carboidratos solúveis pelo processo de fermentação alcoólica, acarretando aumento proporcional nos teores de constituintes de parede celular (Bernardes et al. 2002).

O teor de açúcar residual nas silagens decresceu linearmente ( $P < 0,05$ ) com a adição de níveis crescentes de capim, por ocasião da ensilagem (Tabela 3). Tal fato é explicado pelo menor teor de açúcares no capim em relação à cana-de-açúcar. Contudo, é oportuno destacar que um teor de açúcar residual mais elevado pode resultar em maior deterioração aeróbia por ocasião da abertura do silo, por favorecer o crescimento de leveduras que fermentam açúcares, como aquelas do gênero *Torulopsis* (Woolford, 1984).

Tosi (1973), ao ensilar capim-elefante cv. Napier com adição de 30% de cana-de-açúcar, constatou aumento de aproximadamente 50% no teor de CS (de 11,44 para 17,64% na MS), concluindo que a inclusão da cana-de-açúcar não foi favorável para produção de uma silagem de boa qualidade quanto a alguns parâmetros fermentativos como ácidos orgânicos e pH, provavelmente em decorrência da utilização da cana e do capim ainda com baixo teor de MS.

Tabela 3- Equações de regressão ajustadas para a matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), carboidratos solúveis em água (CS), fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteínas (FDN<sub>CP</sub>), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), lignina, digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) das silagens em função de níveis de capim-elefante (CE), tratadas ou não com inoculante bacteriano

Variáveis	Equações de Regressão	R <sup>2</sup>
MS (%)	$\hat{Y} = 26,6599 + 0,05918 * CE$	0,86
MO <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 94,4109 - 0,01548 * CE$	0,98
PB <sup>1</sup>	$\hat{Y}_1 = 1,79926 + 0,007148 * CE$ <sup>(NI)</sup>	0,71
	$\hat{Y}_2 = 2,4644 - 0,002487 * CE$ <sup>(I)</sup>	0,87
PIDN <sup>2</sup>	$\hat{Y} = 36,34$	
PIDA <sup>2</sup>	$\hat{Y}_1 = 32,8282 - 0,094536 * CE$ <sup>(NI)</sup>	0,88
	$\hat{Y}_2 = 27,7$ <sup>(I)</sup>	
CS	$\hat{Y} = 12,1171 - 0,07914 * CE$	0,93
FDN <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 66,1617 + 14,7229 * CE$	0,98
FDNcp <sup>1</sup>	$Y = 61,9228 + 15,6676 * CE$	0,98
FDA <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 37,8592 + 0,10028 * CE$	0,99
HEM <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 28,3025 + 0,04694 * CE$	0,94
LIGNINA <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 6,2217 + 0,44526 * CE$	0,96
DIVMS (%)	$\hat{Y}_2 = 48,6591 - 0,12317 * CE$	0,95

$\hat{Y}_1$ : não-inoculado,  $\hat{Y}_2$ : inoculado e R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

<sup>1</sup> % da MS e <sup>2</sup> % da PB

\* significativo a 5%, pelo teste "t".

O aumento linear nos teores de FDN, FDNcp, FDA e HEM das silagens (Tabela 3), com a adição de níveis crescentes de capim-elefante, se deve ao efeito de concentração desses constituintes fibrosos na MS da silagem, uma vez que os açúcares foram utilizados pelos microrganismos durante o processo de fermentação. Comportamento semelhante foi constatado por Evangelista et al. (2003) e Siqueira et al. (2004).

O teor de lignina também aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com a adição de capim. O que é atribuído ao mais alto valor deste constituinte no capim em relação à cana-de-açúcar. Normalmente, o teor de lignina em relação ao conteúdo de FDN da forragem está negativamente correlacionado à degradação da fração fibrosa, visto que a lignina impede a digestão dos carboidratos da parede celular em aproximadamente 1,4 vez o seu próprio peso (Van Soest, 1981).

Analisando o efeito de inoculante dentro de níveis de capim, constata-se maior ( $P < 0,05$ ) teor de PB da silagem inoculada apenas no nível zero de capim (Tabela 2). Por outro lado, ao analisar-se os teores de PB em função de níveis de capim, estimaram-se reduções e aumentos de 0,0024 e 0,0071 unidades, por unidade de capim adicionada para as silagens inoculadas e não-inoculadas, respectivamente (Tabela 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Almeida et al. (1986).

Em relação aos teores de PIDN, nenhuma equação de regressão ajustou-se aos dados, registrando-se valor médio de 36,3% na MS.

Conforme já relatado, os teores de PIDA foram influenciados por inoculante e níveis de capim, registrando-se menor ( $P < 0,05$ ) valor na silagem inoculada (25,7%), em relação à não-inoculada (27,7%). Ao avaliar o efeito de níveis de capim, observa-se que apenas o teor de PIDA da silagem inoculada foi influenciado, estimando-se reduções de 0,094536 unidades, por unidade de capim adicionado (Tabela 3). Tal comportamento pode ser explicado pelo aumento do teor de FDA das silagens com o incremento da adição de níveis de capim.

Altos níveis de PIDA implicam indisponibilidade de formas nitrogenadas para fermentação microbiana ruminal (Van Soest, 1994). Toda forragem ensilada tem proteína indisponível como resultado tanto da fisiologia da planta como dos processos que levam ao aquecimento excessivo da massa ensilada (McDonald, 1981; Rotz & Muck, 1994). No entanto, Weiss et al. (1992) afirmaram que até 30% do NIDA pode ser considerado disponível para o animal.

A DIVMS das silagens decresceu linearmente ( $P < 0,05$ ) com a adição de níveis crescentes de capim-elefante (Tabela 3). Considerando ser a FDA o componente que mais se relaciona com a digestibilidade, o comportamento

anterior pode ser explicado pelo aumento da FDA com o incremento do capim-elefante.

Silveira et al. (1973), ao adicionarem 30% de cana-de-açúcar ao capim-elefante cv. Napier no momento da ensilagem, constataram melhoria na qualidade da silagem, registrando DIVMS de 52,4; 49,2 e 48,9% para silagens de capim adicionadas de cana-de-açúcar, pré-emurchedas e para as silagens exclusivas de capim-elefante.

Na Tabela 4 encontram-se os valores referentes ao pH e nitrogênio amoniacal, e na Tabela 5, os valores referentes aos teores dos ácidos láctico, acético, propiônico, butírico e etanol das silagens avaliadas. Já na Tabela 6, estão as equações de regressão ajustadas para estas variáveis e seus respectivos coeficientes de determinação.

Tabela 4- Teores médios de pH e nitrogênio amoniacal/N total (N-NH<sub>3</sub>) das silagens em função dos níveis de capim-elefante, tratadas ou não com inoculante bacteriano

Inoculante	Níveis de capim-elefante (% na MN)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
	pH					
I	3,70 A	3,71 A	3,69 B	3,73 B	3,76 B	0,26
NI	3,69 A	3,73 A	3,73 A	3,75 A	3,82 A	
	N-NH <sub>3</sub> (% N Total)					
I	5,5	6,5	6,8	7,3	6,7	15,40
NI	7,9	8,3	6,6	7,3	6,9	

I: inoculado e NI: não-inoculado.

<sup>2</sup> Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, diferem (P<0,05) pelo teste t.

Observou-se efeito da interação capim e inoculante para o pH das silagens. Avaliando o efeito de inoculante dentro do nível de capim, observa-se menor (P<0,05) valor de pH nas silagens inoculadas para os níveis de 50, 75 e 100% de capim (Tabela 2). Ao analisar-se o pH em função de níveis de capim, observou-se comportamento quadrático e linear crescente, para as silagens inoculadas e não-inoculadas, respectivamente (Tabela 5). No primeiro caso, estimou-se valor mínimo de 3,4 para o nível de 28% de capim. O pH registrado para todas as silagens permite classificá-las como de muito boa qualidade, segundo McDonald et al. (1991).

Uma rápida queda no pH e um baixo pH final podem ajudar na diminuição da população de microrganismos deletérios à silagem, os quais produzem grande quantidade de ácido acético e butírico (Van Soest, 1994).

Os dados de N-NH<sub>3</sub> não se ajustaram a nenhum modelo, registrando-se valor médio de 7,0 %. Com base nesse valor, todas as silagens podem ser de boa qualidade, segundo Mahanna (1993), que afirmou que para se obter silagens estáveis de gramíneas ou leguminosas, o teor de N-NH<sub>3</sub> deve situar-se abaixo de 15%.

Tabela 5- Teores médios dos ácidos láctico, acético, propiônico, butírico e etanol nas silagens, em função de níveis de capim-elefante, tratadas ou não com inoculante bacteriano

Inoculante	Níveis de capim-elefante (% na MN)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
LÁTICO						
I	3,97 A	4,63 A	3,20 B	3,02 B	3,74 A	19,4
NI	3,50 A	4,52 A	4,60 A	5,65 A	3,20 A	
ACÉTICO						
I	1,55 B	1,97 B	1,54 B	1,32 B	1,52 A	15,7
NI	2,39 A	2,67 A	2,00 A	1,95 A	1,02 B	
PROPIÔNICO						
I	0,02	0,05	0,01	0,006	0,003	77,4
NI	0,00	0,07	0,02	0,01	0,05	
BUTÍRICO						
I	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	66,6
NI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	
ETANOL						
I	6,19	5,18	3,27	2,02	2,02	17,1
NI	6,46	6,50	3,51	2,68	1,31	

I: inoculado e NI: não-inoculado.

<sup>2</sup> Médias na coluna, seguidas por letras diferentes, são diferentes pelo teste t (P<0,05).

Os dados referentes aos teores de ácido láctico não se ajustaram a nenhuma equação de regressão, registrando-se valor médio de 4,0% na MS. Valadares Filho et al. (2006) relataram valor de 4,45% na MS de ácido láctico para silagem de capim-elefante com até 40% de cana-de-açúcar.

Avaliando o efeito de inoculante, dentro de níveis de capim, foram constatados valores superiores ( $P < 0,05$ ) de ácido láctico para as silagens não inoculadas nos níveis de 50 e 75% de capim-elefante. Resultados mais recentes têm sido consistentes em demonstrar ausência de efeito ou efeito deletério da inoculação de bactérias homofermentativas em silagens de cana-de-açúcar (Ribeiro et al. 2005). Tal fato pode ser explicado pela grande produção de ácido láctico resultante da fermentação homolática, que é usado como substrato pelas leveduras para síntese de etanol (Schmidt, 2006).

Detectou-se efeito ( $P < 0,05$ ) de interação para os teores de ácido acético e etanol nas silagens. Os teores de ácido acético, para as silagens inoculadas, ajustaram-se ao modelo linear estimando-se reduções de 0,013 unidade porcentual (Tabela 6). Para as silagens não-inoculadas, nenhuma equação ajustou-se aos dados, registrando-se valor médio de 1,78% na MS.

Tabela 6 - Equações de regressão ajustadas para pH, nitrogênio amoniacal/N total e concentrações de ácidos láctico, acético, propiônico, butírico e etanol das silagens em função de níveis de capim-elefante (CE), tratadas ou não com inoculante bacteriano

Variáveis	Equações de Regressão	R <sup>2</sup>
pH	$\hat{Y}_1 = 3,6880 + 0,00113 * CE^{(NI)}$	0,87
	$\hat{Y}_2 = 3,7079 - 0,00068 C + 0,000012 * CE^2^{(I)}$	0,81
N-NH <sub>3</sub> <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 7,01$	
LÁTICO	$\hat{Y} = 4,00$	
ACÉTICO	$\hat{Y}_1 = 1,78^{(I)}$	0,76
	$\hat{Y}_2 = 2,69875 - 0,01382 * CE^{(NI)}$	
PROPRIÔNICO	$\hat{Y} = 0,026$	
BUTÍRICO	$\hat{Y} = 0,008$	
ETANOL	$\hat{Y}_1 = 6,73923 - 0,05464 * CE^{(I)}$	0,96
	$\hat{Y}_2 = 6,03446 - 0,05989 * CE^{(NI)}$	0,93

$\hat{Y}_1$ : inoculado,  $\hat{Y}_2$ : não-inoculado, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação, <sup>1</sup>% do nitrogênio total.  
\* significativo a 5%, pelo teste t.

Pequenas concentrações de ácido acético são importantes na fermentação, em função de seu efeito antifúngico ser mais eficiente que o poder fungicida do ácido láctico (Moon, 1983). Os valores de ácido acético para as silagens foram inferiores aos valores mínimos de 200 mmol L<sup>-1</sup>, indicados para redução de 50% de leveduras (Moon, 1983).

Observa-se, contudo, menores concentrações de ácido acético nas silagens inoculadas com cana, em relação às não-inoculadas, o que pode ser devido ao inoculante ter favorecido uma fermentação homolática predominante, restringindo o desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido acético, conforme sugeriram Kung et al. (2003) e Muck & Kung (1997). Já na silagem exclusiva de capim-elefante, o teor de ácido acético foi superior para a silagem inoculada.

Em relação aos teores de ácido propiônico e butírico, nenhuma equação de regressão ajustou-se aos dados, registrando-se valores médios de 0,026 e 0,008% na MS, respectivamente. As concentrações de ácido propiônico nas silagens estão dentro da faixa de 0 a 1% para serem classificadas como silagens de boa qualidade, como citado por Mahanna (1993).

Os teores de etanol ajustaram-se a um modelo linear decrescente, estimando-se reduções de 0,054 e 0,059 unidades por unidade de capim adicionada, para as silagens inoculadas e não inoculadas, respectivamente. Esses resultados eram previsíveis, em virtude da maior concentração de leveduras nas silagens com maiores níveis de cana-de-açúcar, conforme discutido anteriormente. Os valores de etanol das silagens exclusivas de cana-de-açúcar assemelham-se aos encontrados por outros autores, cujos valores variam entre 6,9 e 8,0% (Andrade, 2001; Bernardes, 2002; Pedroso, 2003).

Na Tabela 7 encontram-se os dados referentes às perdas de MS por gás e efluente e a recuperação da MS das silagens avaliadas, e na Tabela 8 suas respectivas equações de regressão.

Tabela 7- Teores médios referentes às perdas de MS por gás e efluente e recuperação de MS (RMS) das silagens, em função dos níveis de capim-elefante, tratadas ou não com inoculante bacteriano

Inoculante	Níveis de capim-elefante (% na MN)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
Gases (% MS)						
I	15,8	11,8	8,5	4,9	3,2	4,15
NI	18,9	13,0	8,7	4,9	2,8	
Efluente (kg/t MV)						
I	53,8	49,9	35,7	13,4	6,9	11,17
NI	50,9	50,4	36,5	11,5	9,6	
RMS (% MS)						
I	80,4	86,9	92,9	96,6	97,9	2,58
NI	82,0	91,5	94,7	95,9	96,0	

I: inoculado e NI: não-inoculado.

As perdas por gases e efluentes decresceram linearmente com o incremento de níveis de capim na silagem, estimando-se reduções de 0,14522 e 0,51385 unidades, por unidade de capim adicionada, o que pode estar associado ao aumento no teor de MS das silagens, com a adição de capim, conforme constatado no presente trabalho.

Tabela 8- Equações de regressão ajustadas para as perdas por gás e efluente e recuperação de MS das silagens de cana-de-açúcar, em função dos níveis de capim-elefante (CE), tratadas ou não com inoculante bacteriano

Variáveis	Equações de Regressão	R <sup>2</sup>
Gás <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 16,5396 - 0,14522 * CE$	0,98
Efluente <sup>2</sup>	$\hat{Y} = 58,0854 - 0,51358 * CE$	0,91
RMS <sup>1</sup>	$\hat{Y} = 83,7944 + 0,15466 * CE$	0,88

$\hat{Y}_1$ : não-inoculado,  $\hat{Y}_2$ : inoculado, R<sup>2</sup>: coeficiente de determinação.

<sup>1</sup> % da MS e <sup>2</sup> kg/ tonelada matéria verde.

\* significativo a 5%, pelo teste t.

As perdas ocorridas durante a fermentação dependem dos nutrientes fermentados e dos microrganismos envolvidos. Perdas de MS oriundas de

atividades de BAL, na prática, situam-se entre 2 e 5% (McDonald et al. 1991). Quando ocorre a produção de álcool (etanol ou manitol), há aumento considerável de perdas por gases, pois aumentam as perdas de MS via produção de CO<sub>2</sub>, sendo esse tipo de fermentação promovido por bactérias heterofermentativas, enterobactérias e leveduras (Driehuis & Van Wixselaar, 1999). Em condições de excesso de umidade, as perdas de MS por gases são ainda maiores, decorrentes da fermentação butírica, promovida por clostrídios, em que tanto as perdas de MS como as de energia são elevadas (McDonald et al. 1991).

Uma vez que teores de MS foram mais baixos nas silagens com maiores níveis de cana e que as mesmas apresentam teores de açúcares mais elevados, propiciando, assim, um ambiente adequado ao desenvolvimento de leveduras, explicam-se, assim, as maiores perdas por gases ocorridas nestas silagens.

## **Conclusão**

O capim-elefante não serve como aditivo para a silagem de cana-de-açúcar. Porém, a adição de 25% de cana-de-açúcar ao capim-elefante, por ocasião da ensilagem, promove melhoria no valor nutricional e maior recuperação da matéria seca ensilada em decorrência das mais baixas produções de efluentes e gases.

O inoculante bacteriano não teve efeito na silagem de cana-de-açúcar.

## Referências Citadas

- ALLI, I.; BAKER, B.E.; GRACIA, G. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v. 7, p. 411-417, 1982.
- ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B. E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p. 291-299, 1983.
- ALMEIDA, E.X.; PINTO, J.C.; PÉREZ, J.R.O. Cama de frango e cana-de-açúcar na qualidade da silagem de *Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.15 n.3, p.193-199, 1986.
- ALMEIDA, E. X. De. **Pré-murchamento, Cama de frango e Cana-de-açúcar na Qualidade da Silagem de *Pennisetum purpureum* Schum cv. Cameroon**. 1985. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG.
- ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; POSSENTI, R.A.; et al. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar, cortada aos 7 meses de idade, tratada com uréia e adicionada de rolão de milho. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 38, Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001.
- ANUALPEC 2006. **Anuário da Pecuária Brasileira**. FNP Consultoria e Comércio, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. 13.ed. Washington, 1980, 1015 p.
- BERNARDES, T. F.; SILVEIRA, R. N.; COAN, R. M. et al. Características fermentativas e presença de levedura na cana-de-açúcar crua pó queimada ensilada com aditivo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.
- BOLSEN, K. K. Silage: basic principles. In: **Forages: The science of grassland agriculture**, 5 ed.; v.2, p.163-176, 1995.
- CATCHPOOLE, V.R.; HENZELL, E.F. Silage and silage-making from tropical herbage species. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, v. 41 (3): p.213-21, Sept. 1971.
- COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F. et al. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife. **Anais...** Pernambuco: SBZ, 2002.

- DRIEHUIS, F., VAN WIKSELAAR, P.G. In: WORKSHOP. A Regulation of silage fermentation, XII th INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, **Proceedings...**Uppsala. 1999. p.133-134.
- EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; SIQUEIRA; et al. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003.
- FARIA, V.P. de. **Efeito da maturidade da planta e diferentes tratamentos sobre a ensilagem do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) variedade Napier.** 1971. 78p. (Tese de Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- FARIA, V. P. **Ácidos orgânicos em silagens.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1966, Piracicaba, (mimeografado).
- FILYA, I.; ASHBELL, G.; HEN, Y. et al. The effect of bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole crop wheat silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.88, p.39-46, 2000.
- HAIGH, P. M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and forage science**. v.45, n.3, p.263-271, 1990.
- HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, p. 3226–3232, 2003.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57: p.347-358, 1996.
- KUNG JR., L.; STOKES, M. R.; LIN, C.J. **Silage Additives.** In: SILAGE SCIENCE AND TECHNOLOGY. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, 2003. p. 305-360.
- MAHANNA, B. Troubleshooting silage problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4. 1993. Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin, 1993. p. 1-24.
- MARI, L J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*): Produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem.** 2002,138p. Dissertação de Mestrado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba.
- McDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage.** 2 ed. Mallow Chalcombe Publications, 1991, 340p.

- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. Nova York: John Wiley & Sons, 1981. 226p.
- MEESKE, R.; BASSON, H. M. CRUYWAGEN. The effect of lactic acid and bacterial inoculant with enzymes on the fermentation dynamics, intake and digestibility of *Digitaria eriantha* silage. **Animal Feed Science and Technology**. v. 81, p. 237-248, 1999.
- MEESKE, R.; BASSON, H. M. The effect of lactic acid and bacterial inoculant on maize silage. **Animal Feed Science and Technology**. v. 70, p. 239-274, 1998.
- MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of applied Bacteriology**. Oxford, v.55, p.453-460, 1983.
- MUCK, R.E.; KUNG, L. Jr. Effects of silage additives on ensiling. In: SILAGE: FIELD TO FEEDBUNK. NRAES-99. Herchey, 1997. **Proceedings...** Herchey, NRAES, 1997. p.187-199; 200-210.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. In: Simpósio sobre bovinocultura leiteira. 5, Piracicaba, 2005. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p.193-218.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar In: EVANGEISTA, A.R.; REIS, S.T.; GOMIDE, E.M. (Ed.) **Forragicultura e pastagens: Temas em evidência - Sustentabilidade**. Lavras: Editora UFLA, 2003. p. 49-72.
- PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos, microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120f. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.
- RIBEIRO, J.L; QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G. Desenvolvimento de aditivos microbianos para ensilagem. In: REIS R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. **Volumosos na Produção de Ruminantes**. Jaboticabal, Funep, 2005. p.1-24.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006, 228p. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- ROTZ, C. A., MUCK, E. R. Changes in Forage Quality During Harvest and Storage. In: Fahey Jr. (ed) **Forage Quality, Evaluation and utilization**, ASA, Wisconsin-USA, 1994. p.828-868.

- SIQUEIRA, G.R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; et al. Interações entre inoculantes microbianos e aditivos químicos na fermentação e estabilidade aeróbia das 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.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. 2002. **Análise de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3ª Ed. Viçosa: UFV. 165p.
- SILVEIRA, A. C.; TOSI, H.; FARIA, V.P. de. et al, Efeito de diferentes tratamentos da digestibilidade *in vitro* de silagens do capim Napier (*Pennisetum purpureum* Schum) **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 2 (2): 216-26, 1973.
- TOSI, H. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos**. 1973, 107p. (Tese de doutorado). Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu. Botucatu.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 8.0. Viçosa, MG: 2000. 150p. (Manual do usuário).
- VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V.R. et al. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2 ed., Viçosa: Suprema Gráfica Ltda. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 329p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J. Limiting factors in plant residues of low biodegradability. **Agricultural and Environmental**, Amsterdam, v.6, p.135-143, 1981.
- WEISS, W.P.; CONRAD, H. R.; PIERRE, N. R. St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.39: p.95-110, 1992.
- WOOLFORD, M, K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

## CONCLUSÕES GERAIS

A adição de 1,5% de óxido de cálcio à cana-de-açúcar resulta em maior recuperação de matéria seca da massa ensilada, maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca, bem como maior população de bactérias ácido-láticas e menor quantidade de leveduras, indicando boa fermentação.

O capim-elefante não serve como aditivo para a silagem de cana-de-açúcar. Porém, a adição de 25% de cana-de-açúcar ao capim-elefante, por ocasião da ensilagem, promove melhoria no valor nutricional e maior recuperação da matéria seca ensilada em decorrência das mais baixas produções de efluentes e gases. O inoculante bacteriano não teve efeito na silagem de cana-de-açúcar.