

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.)
ENSILADA COM ADITIVOS QUÍMICOS E BACTERIANOS**

Gustavo Rezende Siqueira
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.)
ENSILADA COM ADITIVOS QUÍMICOS E BACTERIANOS**

Gustavo Rezende Siqueira

Orientador: Prof. Dr. Ruben Pablo Schocken-Iturrino

Co-Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Fevereiro de 2005

S618c Siqueira, Gustavo Rezende
Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e bacterianos / Gustavo Rezende Siqueira. -- Jaboticabal, 2005
vii, 91 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2005
Orientador: Ruben Pablo Schocken-Iturrino
Banca examinadora: Clóves Cabreira Jobim, Luiz Gustavo Nussio
Bibliografia

1. Estabilidade aeróbia. 2. Fermentação. 3. Inoculante biológico. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.085.52:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA – filho de Eustáquio Geraldo de Siqueira e Maria Alice Rezende Siqueira, nasceu em Conselheiro Lafaiete – MG, em 29 de agosto de 1977. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras em março de 1998, onde foi bolsista do CNPq no período de agosto de 1999 a julho de 2002. Foi membro do Núcleo de Estudos em Forragicultura de março de 1999 a janeiro de 2003, exercendo funções de secretário (julho de 1999 a junho de 2000) e coordenador (julho de 2000 a junho de 2001), graduou-se em Zootecnia em janeiro de 2003, recebendo nessa circunstância o Certificado de Distinção pela Universidade Federal de Lavras. Em março de 2003 ingressou no curso de pós-graduação, Mestrado em Zootecnia, pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Ruben Pablo Schocken-Iturrino e co-orientação do Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis.

***Nunca se afaste de seus sonhos.
Por que se eles se forem, você continuará vivendo,
Mas terá deixado de existir.***

Mark Twan

A Deus,

Que se encontra ao meu lado a cada momento,

Ajudando-me, guiando-me e iluminando-me.

Aos meus pais, Eustáquio e Maria Alice,

Apesar da distância física, eles sempre se fizeram presente em minha vida,

Nos momentos de alegria e principalmente nos de maior dificuldade.

Dedico a vocês mais esse passo na minha vida.

A minha querida irmã, Inára,
por ser além de TUDO uma grande amiga.

A Vó Adda por ser um exemplo de conduta e seriedade.

Aos meus avós Geraldo, Oscar e Alice “*in memória*”,
por me acompanharem, mesmo estando em “*um lugar distante*”.

A TODOS os meus tios e tias, primos e primas,
pelos incentivos e colaborações
para que eu alcançasse mais esse objetivo,
em especial a Tia Zélia e ao Rafael .

A Marcella, minha namorada,
pelos momentos de alegria e solidariedade,
pela confiança em mim depositada, por sua paciência,
e por seu AMOR a mim dedicado.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual Paulista FCAV – Campus de Jaboticabal pela acolhida e oportunidade de realização de mais uma etapa da minha formação profissional.

A UFLA, instituição na qual realizei o curso de Zootecnia, por ter me proporcionado a oportunidade de despertar o interesse pelas práticas zootécnicas.

Ao CNPq por ter concedido a bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Ruben Pablo Schocken-Iturrino por ter acreditado em mim, pela sua orientação, ensinamentos e amizade. E por ser um exemplo de profissionalismo dedicado ao ensino, pesquisa e extensão.

Ao Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis por ser um exemplo de conduta e dedicação à pesquisa, por ter me socorrido nos momentos que necessitei, pessoal e profissional, “por ser bravo”, mas sem dúvida alguma, ser além de tudo, um grande amigo. Aproveito também para agradecer a D. Sandra Reis, por se tornar uma verdadeira mãe, não só para mim, mas para todos os “*seus orientados*”.

Aos professores Dr. Luiz Gustavo Nussio e Dr. Clóves Cabreira Jobim pelas valiosas contribuições na avaliação desse trabalho. Aproveito também para agradecê-los e parabenizá-los pelos trabalhos desenvolvidos na área de conservação de forragens, que foram fundamentais na minha formação científica e no despertar do meu interesse por essa área da zootecnia.

Aos Professores Luis Roberto de Andrade Rodrigues “in memória”, Kléber Tomás de Resende e Alexandre A. Moraes Sampaio pelas contribuições realizadas na defesa do projeto e na qualificação, bem como a oportunidade de convivência com exemplos de profissionalismo e seriedade com os senhores.

Ao Prof. Dr. Antonio Ricardo Evangelista por ter sido meu orientador durante a graduação e por ser responsável pela minha entrada círculo da conservação de forragens.

Aos funcionários do Laboratório de Forragicultura, Alexandre, Patrícia, Sr. Delvechio, Sr. José e Camila e aos funcionários do LANA Ana Paula, Sr.Orlando e

Magali e do Setor de Digestibilidade Vladimir e Biro, pela amizade e auxílio na pesquisa desenvolvida.

Ao secretário da Nutrição e Forragicultura, Fieno, pela amizade e auxílio nas questões burocráticas. A D. Maria e Nina, que me atenderam e auxiliaram durante todo o trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Marcelo, Helinho e Fernando, que contribuíram na realização da parte de campo desse trabalho.

Ao amigo-irmão Thiago Fernandes Bernardes (Grisalho) por ser um exemplo de dedicação à pesquisa e um apaixonado pela forragicultura, além de ser um grande companheiro e cúmplice em todo o trabalho desenvolvido e pelo incentivo e auxílio na vinda para Jaboticabal. Agradeço também a sua família, Sr. Paulo e D. Mariza, pela acolhida na minha chegada e por se tornarem parte integrante da minha família.

Ao “TRIO PARADA DURA” Fábio Luiz Fregadolli (Fabínho), Márcio dos Santos Pedreira (Pedreira) e Roberta Carrilho Canesin (Robertããã), por terem me recebido e me adotado como amigo de longa data, na presença de vocês é como se estivesse em casa. Agradeço a vocês pela amizade, companheirismo, pela ajuda na pesquisa desenvolvida e por todos os momentos de descontração.

Anna Paula (Dequinha) por além de ser minha cunhadinha, é também minha amiga e colega de trabalho. Agradeço também aos meus sogros, Paul Antoni e Martha, pela acolhida e carinho a mim desprendido.

Aos casais muito especiais Aureliano e Débora e Izabelle e Gustavo e seu filho Pedrinho, pela convivência diária em seus lares e por suas sinceras amizades.

Aos estagiários da conservação de forragens “os silageiros” Marcella (Curica), Rafael (Girido), Anna Paula (Nanica), Eneida, Bruno (Bassora), Rafael (Zóio), Daiane (Gazela), Candice (Shitara), pela ajuda na condução do experimento, análises laboratoriais e pela amizade e oportunidade de aprender com vocês.

Aos companheiros de república Zinaldo Firmino (Baiano), Márcio Vasconcelos, Macio Alexandre, Fábio Fregadolli, Márcio Pedreira, César Martorelli, Rodrigo Vidal e Felipe; pelos momentos vividos na convivência diária de um novo LAR.

Aos colegas de pós-graduação: Nívea, Jucileia, Ana Cláudia Ruggieri, Carlos Augusto Gomide, Simone, Márcia, Jalme Jr., Alexandre, Roselene Silveira, Andréia Moreira, Ana Carina, Poliana, Ângela, Djalma de Freitas, Rogério Coan, Amanda, Liandra, Estevão Tosetto, Michele, Cristian e Adriane Faturi, Alcebiades, Flávia Simili; pela oportunidade de convivência durante o curso de pós-graduação.

Aos colegas de Pós-graduação da microbiologia Maria Luiza, Tammy, Gisela e Milena e a funcionária Silvina.

Aos estagiários da Forragicultura Daniel (Sassá), Marcela (Tchela), Estella (Costela), Juan (Sgoto), Ricardo (Curirica). E aos amigos da graduação Vivian (Xisp), Daniel (Kaspa), Maria Eliane (Durva), Raphael (Consolo), Ricardo (Buda), Octávio (Sterko), Gustavo (Tô Loco), Marcelo (Sorgo) e Lavínia. A convivência com vocês foi a renovação de forças e incentivos para conseguir seguir na caminhada.

Ao Núcleo de Estudos em Forragicultura - UFLA (NEFOR) pela oportunidade de aprendizado, pessoal e profissional, vividos na época de graduação. Gostaria de agradecer a todos contemporâneos de luta no Nefor, e em especial ao Prof. Dr. Aداuton Vilela de Rezende, pelo incentivo em reativar o grupo de estudos e pelas oportunidades oferecidas. E também aos amigos que formaram comigo, em especial ao Valdir Botega Tavares.

A TODOS os companheiros do “Clubinho” e freqüentadores assíduos do Bar da Loira.

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

*Cada pessoa 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 ao acaso."

Charlie Chaplin

A todos vocês o meu sincero MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
SUMMARY.....	iv
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. Cana-de-açúcar: recurso forrageiro do presente.....	2
3. Ensilagem da cana-de-açúcar.....	4
4. Aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar.....	7
4.1 Aditivos químicos.....	7
4.1.1 Nitrogênio não protéico.....	8
4.1.2 Hidróxido de sódio.....	9
4.1.3 Benzoato de sódio.....	10
4.2 Inoculantes bacterianos.....	11
4.2.1 <i>Lactobacillus buchneri</i>	12
4.2.2 <i>Propionibacterium</i>	14
5. Objetivos gerais.....	14
CAPÍTULO 2 - ASSOCIAÇÃO ENTRE ADITIVOS QUÍMICOS E MICROBIANOS NA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i> L.).....	15
RESUMO.....	15
1. Introdução.....	15
2. Material e Métodos.....	16
2.1 Tratamentos.....	18
2.2 Ensilagem e determinação das perdas.....	19

2.3 Amostragens e análises químico-bromatológicas.....	20
2.4 Recuperação das frações.....	21
2.5 Avaliações no pós-abertura.....	22
2.6 Análise estatística.....	22
3. Resultados e Discussão.....	23
3.1 Fase em anaerobiose.....	23
3.2 Fase em aerobiose.....	38
4. Conclusões.....	45
CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA QUEIMA E DE ADITIVOS QUÍMICOS E MICROBIANOS NA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i> L.).....	46
RESUMO.....	46
1. Introdução.....	47
2. Material e Métodos.....	49
2.1 Tratamentos.....	50
2.2 Ensilagem e determinação das perdas.....	51
2.3 Amostragens e análises químico-bromatológicas.....	52
2.4 Recuperação das frações.....	53
2.5 Avaliações no pós-abertura.....	53
2.6 Análise estatística.....	54
3. Resultados e Discussão.....	54
3.1 Fase em anaerobiose.....	54
3.2 Fase em aerobiose.....	70
4. Conclusões.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) ENSILADA COM ADITIVOS QUÍMICOS E BACTERIANOS

RESUMO – Foram realizados dois experimentos, objetivando-se avaliar os efeitos dos aditivos químicos (benzoato de sódio, hidróxido de sódio e uréia) e microbianos (*Lactobacillus buchneri* e *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*) na fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar. No primeiro experimento foi avaliada a associação entre os aditivos químicos e microbianos. A associação de *L. buchneri* e NaOH elevaram a recuperação da matéria seca digestível verdadeira em relação às silagens controle de 45,0 para 84,8%. No pós-abertura destaca-se a atuação do benzoato de sódio em manter o pH, variação de 0,1 unidade em cinco dias de exposição aeróbia e dos inoculantes *L. buchneri* e *P. acidipropionici* + *L. plantarum* em prolongar o tempo para elevação da temperatura de 34 horas nas silagens controle para 54,0 e 50,0 horas, respectivamente. No segundo, avaliou-se o efeito dos aditivos de forma isolada nas silagens confeccionadas com cana-de-açúcar crua e queimada. Maiores recuperações da matéria seca digestível verdadeira, 83,6 e 79,8% foram observadas nas silagens de cana-de-açúcar queimada e tratadas com NaOH ou com *L.buchneri*, respectivamente. Constatou-se que a ensilagem da cana-de-açúcar crua ou queimada requer de forma contundente a inclusão de algum aditivo, sendo que, o princípio de atuação desse, deve estar fundamentado no controle das perdas quantitativas e qualitativas durante a fermentação, além do controle das alterações no pós-abertura.

Palavras-chave: associação, estabilidade aeróbia, fermentação, inoculante biológico, perdas, queima

SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.) ENSILED WITH CHEMICAL AND BACTERIAL ADDITIVES

SUMMARY – It was conducted two experiments to evaluate the chemical (sodium benzoate, sodium hydroxide, and urea), or microbial (*Lactobacillus buchneri* and *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*) additives on the sugar cane silage fermentation characteristics, and aerobic stability. On the first experiment it was determined the associative effects of the chemical and bacterial additives. The *L. buchneri* and NaOH association increased the true digestible dry matter recuperation of treated silage (84.8%), compared to the control (45.0%). On the aerobic phase, the benzoate silage showed lowest pH changes, 0.1 units during five days of the air exposition. The silage inoculated with *L. buchneri* and *P. acidipropionici* + *L. plantarum* presented longest time to increase the temperature during the air exposition, 54.0, 50.0 hours, respectively, compared to the control (34.0 hours). On the second experiment, it was determined the additive, and burning effect on the fermentation, and aerobic stability of the sugar cane silage. The true digestible dry matter recuperation increased on the burned sugar cane treated with NaOH (83.6%), or *L. buchneri* (79.8%) silage, compared to the control (45.0%). It was concluded that crude or burned sugar cane silage required an inclusion of the additive. The additive utilization decision must be supported by the quantitative and qualitative losses control during the fermentation and aerobic phases.

KEY WORDS: additives, aerobic stability, biological inoculants, burning, fermentation, losses

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A produção pecuária em termos de Brasil Central entra em declínio na época seca, devido à baixa oferta qualitativa e quantitativa de forragem proveniente das pastagens. Dessa forma o uso de recursos forrageiros como a cana-de-açúcar, apresenta-se como opção para suplementação da dieta de bovinos. Devido à época de colheita da cana-de-açúcar ser na entressafra da produção das pastagens ela vem sendo amplamente estudada e empregada como alimento volumoso para ruminantes na forma *in natura*, porém essa forma requer corte diário o que muitas vezes inviabiliza sua utilização.

Apesar de apresentar baixo risco agrônômico, quando comparada à cultura do milho, que necessita de índices edafoclimáticos mais elevados; o fogo acidental representa alto risco, pois inviabiliza a manutenção do canavial na forma de capineira para ser utilizado no período de escassez de forragem, após sua queima. Além do corte diário, o risco de fogo, várias são as justificativas para se ensilar a cana-de-açúcar, como: utilização na época das águas, facilidade operacional da propriedade, evitar sobra de um ano para outro, entre outras.

A partir deste cenário, onde há demanda crescente para utilização da cana-de-açúcar e necessidade de soluções para seus entraves, houve retomada de pesquisas avaliando a ensilagem da cana-de-açúcar. No entanto, a ensilagem da cana-de-açúcar apresenta algumas peculiaridades, como fermentação alcoólica, perdas expressivas de matéria seca durante a fermentação e redução do valor alimentício.

O uso de inoculantes bacterianos capazes de reduzir a fermentação alcoólica, devido à inibição da atividade de leveduras, tem sido alvo de estudos de vários pesquisadores que atuam da área de conservação de forragens. Nos Estados Unidos e na Europa estes inoculantes são utilizados para melhorar a estabilidade aeróbia das silagens de milho, sorgo e de grãos de cereais. Estudos incipientes sobre a utilização

destes inoculantes no Brasil, mostram-se promissores, com redução do teor de álcool na silagem da cana-de-açúcar.

Outra linha de produtos utilizados para o controle de leveduras durante a ensilagem são os aditivos químicos, que tem capacidade de reduzir a população de leveduras diminuindo sua atuação sobre a massa ensilada.

2. Cana-de-açúcar: recurso forrageiro do presente

A utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro para a minimização dos efeitos da entressafra das pastagens vêm crescendo ano a ano. O dogma de ser considerado um volumoso restrito a animais de baixo potencial produtivo, quer seja para leite ou carne, preconizado por pesquisadores e técnicos nos idos dos anos 70 e 80, vem sendo substancialmente renegado. Encontrava-se na literatura citações taxando a utilização da cana-de-açúcar para vacas com produção até 10 kg leite/dia. Atualmente, trabalhos de pesquisa e experiências práticas mostram que a cana-de-açúcar pode e deve ser utilizada para animais de alta produção. Vale lembrar que suas limitações nutricionais, principalmente conteúdo de proteína e minerais devem ser considerados na formulação da ração.

Uma das principais recusas pela utilização da cana-de-açúcar foi atribuída ao seu baixo teor protéico. RODRIGUES et al. (2001) avaliaram dezoito variedades de cana-de-açúcar e observaram variação do teor de proteína bruta de 1,40 a 2,08%. No entanto, esses mesmos autores relatam a marginalidade desse parâmetro, devido à facilidade de correção pela utilização de nitrogênio não protéico, preconizada por vários autores (TORRES & COSTA, 2001; PRESTON, 1982).

Deve-se, entretanto avaliar o teor de proteína bruta da cana-de-açúcar por outra visão. Utilizando-se dos dados apresentados por NUSSIO et al. (2002a), como valores de referência para teores de proteína bruta e produção de matéria seca de forrageiras comumente utilizadas durante o período de escassez dos pastos. Observa-se que a cana-de-açúcar entre as forrageiras avaliadas é a que apresenta o maior potencial de produção de matéria seca por quilograma de nitrogênio aplicado (Tabela 01). Faz-se ainda necessário ressaltar, que os valores de produções de MS por kg de nitrogênio

aplicado, nessa simulação, desconsideraram a contribuição de nitrogênio via matéria orgânica do solo e perdas inerentes ao sistema. Solicita-se que sejam observados a relatividade dos valores e não propriamente seu valores absolutos.

Tabela 01. Parâmetros relacionando teores de nitrogênio e produção de matéria seca de forrageiras utilizadas na suplementação animal, como forragens conservadas.

Forageira ¹	PB% na MS ¹	N% na MS	Extração (Kg N/t MS)	Prod. de MS (t/ha) ¹	Adubação (kg N/ha)	Kg MS/Kg N
Milho ²	8,8	1,41	14,08	13,00	183	71
Sorgo ²	9,1	1,46	14,56	15,00	218	69
Capim-Tanzânia ²	6,0	0,96	9,60	25,00	240	104
Aveia ²	12,9	2,06	20,64	6,00	124	48
Capim-Tifton ³	13,7	2,19	21,92	20,00	438	46
Cana-de-açúcar ⁴	2,5	0,40	4,00	28,00	112	250

¹Teores de proteína bruta (PB) e produção de matéria seca extraídos de NUSSIO et al. (2002).

²Forragens conservadas na forma de silagens. ³Na forma de feno. ⁴Forragem *in natura*.

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos de alta produção, principalmente bovinos de leite, era vista com tecnologia desaconselhável e até mesmo tida como impossível. No entanto, vêm sendo realizados experimentos como o de CORRÊA et al. (2003), que contrastaram a utilização de cana-de-açúcar com silagens de milho na alimentação de vacas com produção média de acima de 30 kg leite/dia. As rações utilizadas tinham cerca de 45% de volumoso na matéria seca e os autores observaram médias de 31,2 e 34,4 kg leite/dia nos animais alimentados com cana-de-açúcar e silagens de milho, respectivamente.

Além de experimentos encontraram-se na literatura relatos de acompanhamentos de propriedades que vêm adotando a cana-de-açúcar como recurso forrageiro na entressafra. TORRES & COSTA (2001) em revisão sobre a utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal, mostraram o desempenho de nove vacas durante o período de junho a outubro. Esses animais foram alimentados com cana-de-açúcar e uréia, mais 3 kg de concentrado por litro de leite produzido. Observou-se que

os animais mantiveram produção superior a 20 kg leite/dia durante todo o período de avaliação.

Visto que, além da comprovação científica e prática relatadas acima; encontram-se fundamentos econômicos sobre a adoção da cana-de-açúcar. NUSSIO et al. (2002a) em revisão sobre volumosos suplementares na alimentação de bovinos de leite mostraram a superioridade da cana-de-açúcar (receita líquida por hectare) tanto para rações de animais com produção de 15L leite/dia ou 30L leite/dia e em relação ao custo por litro de leite produzido a cana-de-açúcar foi semelhante às silagens de milho e sorgo. Em revisão sobre volumosos na alimentação de gado de corte, NUSSIO et al. (2003a) reportam a superioridade econômica de rações contendo cana-de-açúcar como volumoso único, ao avaliarem a receita líquida por hectare e receita líquida por arroba produzida, tanto para ganhos de 0,85 e 1,25 kg/dia.

OLIVEIRA et al. (2004) realizaram análise econômica da substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite com produção média de 6000 kg leite/ano. Os autores concluíram que a adoção da cana-de-açúcar como volumoso único proporciona ganhos de escala de produção e de margem bruta anual. NUSSIO et al. (2003b) comentam que a cana-de-açúcar vem prevalecendo como uma das opções mais interessantes na minimização do custo de rações e do produto animal e na maximização da projeção de receita líquida da atividade.

3. Ensilagem da cana-de-açúcar

A ensilagem da cana-de-açúcar vem surgindo como solução operacional, sem a devida preocupação com as perdas de valor nutritivo e o custo energético que representa essa decisão (NUSSIO et al., 2003b). Estudos sobre a ensilagem da cana-de-açúcar, realizados na década de 70 em países da América Central, constataram de forma geral que as perdas de qualidade da silagem em relação à cana-de-açúcar fresca são altas (PRESTON et al., 1976; SILVESTRE et al., 1976; ALVAREZ et al., 1977).

O processo fermentativo é dependente de características intrínsecas e extrínsecas da planta a ser ensilada. As principais características intrínsecas são teor de matéria seca (MS), carboidratos solúveis (CS) e poder tamponante (PT). A maioria

das culturas alternativas apresenta déficit em algumas destas características, no entanto a cana-de-açúcar possui elevada ensilabilidade.

Essa pode ser definida como sendo a capacidade fermentativa (CF), que foi proposta por KAISER et al. (2002). Sendo: $CF = MS + 8 \times (CS/PT)$; onde a matéria seca é expressa em%, o CS em% da matéria seca e o PT em e.mg de HCl/100 g de MS.

A análise conjunta dos resultados de BERNARDES et al. (2002) e PEDROSO (2003), avaliando a cana-de-açúcar para ensilagem, gerou valores médios de MS (31%), CS (20,4%) e PT (6,5 e.mg de HCl/100 g de MS). Determinando a capacidade fermentativa da cana-de-açúcar, obteve-se como índice o valor de 56. Segundo OUDE ELFERINK (1999) a CF mínima necessária para obtenção de silagens lácticas é de 35. Como pode ser observado, a cana-de-açúcar é forrageira de alta ensilabilidade, devido à suas características intrínsecas.

No trabalho de KUNG Jr. & STANLEY (1982) foram observados teores de ácido láctico de 2,82% a 5,62%, nas silagens de cana-de-açúcar com 24 e 6 meses de crescimento, respectivamente. ALLI et al. (1983) avaliando o perfil de fermentação de silagens de cana-de-açúcar, observaram que os teores de ácido láctico aumentaram de 0,68 a 1,6% nas silagens controle e de 0,44 a 3,09 nas tratadas com amônia. Valores semelhantes a esses foram observados por SILVA et al. (2003), durante a fermentação de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com seqüestrantes de matéria seca e/ou inoculantes biológicos (Figura 1).

Pode-se observar que nos trabalhos supracitados houve considerável produção de ácido láctico. No entanto, na ensilagem da cana-de-açúcar apenas a produção de ácido láctico não representa eficiência de conservação, pois as leveduras são capazes de assimilar esse ácido e produzir etanol (WALKER, 1998; BERNARDES, 2003), sendo esse o principal entrave de se ensilar cana-de-açúcar, relacionado ao processo fermentativo.

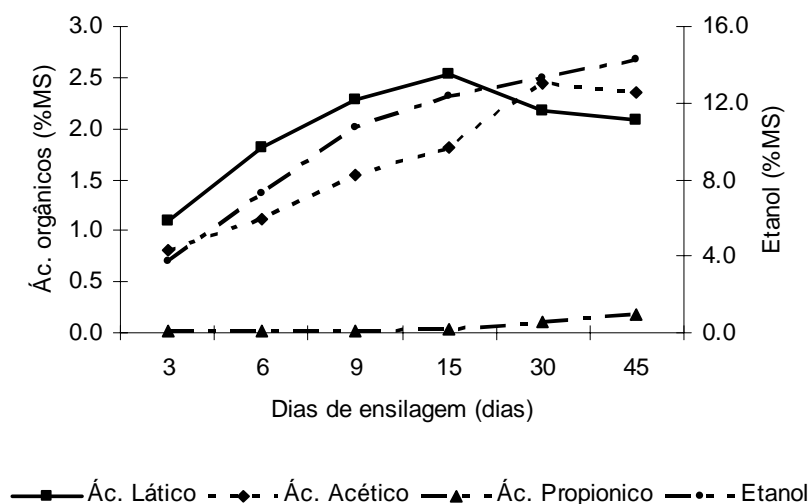


Figura 1. Teores de ácido láctico, acético, propiônico e etanol em função da variação temporal de silagens de cana-de-açúcar, tratadas com aditivos (milho desintegrado com palha e sabugo e inoculantes bacterianos homoláticos). Adaptado de SILVA (2003)

Outro fato a ser considerado é o consumo de carboidratos solúveis por leveduras durante a fermentação (PAHLOW et al., 2003). PEDROSO (2003) observou redução de carboidratos solúveis de 23 (1/2 dia de fermentação) para 5,98% na MS (120 dias de fermentação). CASTRO NETO et al (2003) avaliando a ensilagem da cana-de-açúcar tratada com aditivos químicos ou microrganismos homoláticos, verificaram redução de 19,7 para 2,5% de carboidratos solúveis. No estudo de ALLI et al. (1983) ocorreu consumo de carboidratos solúveis ainda maior (46,2 unidades percentuais), durante quarenta e dois dias de ensilagem. Além da redução de carboidratos solúveis que são considerados a fração de carboidratos mais digestível da cana-de-açúcar (CORRÊA et al, 2003); concomitantemente ocorre elevação proporcional da fração fibrosa. Deve-se considerar que a FDN da cana de açúcar, por sua vez apresenta baixa digestibilidade, em média 40% (HERNANDEZ, 1998).

Segundo ROOKE & HATFIELD (2003) a rota metabólica predominante das leveduras é a piruvato descarboxilase acetaldeído e subsequente redução do acetaldeído a etanol. Segundo McDONALD et al. (1991) essa rota fermentativa infere em perdas de 48,9% de matéria seca e 0,2% de energia. No entanto, a de se

considerar que nem todo etanol produzido vai estar presente na silagem no momento da alimentação dos animais. PEDROSO (2003) mostra a evolução temporal do etanol durante a ensilagem da cana-de-açúcar, observa-se que a partir do 45º dia de ensilagem até 180º houve redução dos teores de etanol, devido à taxa de volatilização desse ser maior que a síntese nesse período. Dois pontos são fundamentais nessa observação: primeiro, o teor de etanol avaliado é momentâneo, não sendo indicativo da verdadeira produção desse composto durante a fermentação; segundo, as perdas energéticas durante a ensilagem da cana-de-açúcar podem ser maiores que 0,2%, pois essa não leva em consideração a volatilização do mesmo.

Vale considerar ainda, que segundo SCHMIDT et al. (2004a) o etanol residual provoca rejeição de consumo pelo animal, principalmente na fase inicial logo após o fornecimento das silagens ao animal, pois com o decorrer do tempo de exposição ao ar das silagens no cocho o etanol é volatilizado. Entretanto, NUSSIO & SCHMIDT (2004) revisando artigos sobre o efeito do etanol no metabolismo animal, consideraram que o mesmo tem valor energético para o ruminante, visto que ele pode ser absorvido pela parede ruminal ou ser convergido no rúmen a ácidos graxos voláteis, principalmente ao ácido acético. No entanto, LEHNINGER (1982), o etanol absorvido no rúmen interfere negativamente na gliconeogênese, devido à competição metabólica no fígado do ruminante.

4. Aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar

De maneira geral, os estudos em relação à ensilagem da cana-de-açúcar concluem que a silagem confeccionada sem aditivo controlador da população de leveduras apresenta elevadas perdas de matéria seca e de carboidratos solúveis devido à extensa produção de etanol.

4.1 Aditivos químicos

A constatação de que a ensilagem da cana-de-açúcar, normalmente resultava em produtos de baixa qualidade, devido ao intenso desenvolvimento de leveduras e à grande produção de etanol (fermentação alcoólica), levou os pesquisadores a

buscarem tratamentos que permitissem melhorar o padrão de fermentação destas silagens, reduzindo as perdas de MS e do seu valor nutritivo. Diversos aditivos químicos foram utilizados na ensilagem da cana-de-açúcar, entre eles uréia (PEDROSO et al., 2002; ALVAREZ & PRESTON, 1976; SIVESTRE et al., 1976), hidróxido de sódio (PEDROSO et al., 2002; CASTRILLÓN et al., 1978; ALCÂNTARA et al., 1989) e benzoato de sódio (PEDROSO et al., 2002).

4.1.1 Nitrogênio não proteico

A amônia, uréia, mistura de água ou melaço com amônia, ou uréia e minerais, têm sido adicionadas em forragens no momento da ensilagem, propiciando elevação da proteína bruta e da estabilidade aeróbia de silagens (EVANGELISTA & LIMA, 2000 e KUNG Jr. et al., 2003)

LOPEZ & PRESTON (1977) estudaram o efeito de aditivos químicos (fosfato de rocha, sulfato de amônia e hidróxido de amônia) no perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar. Os autores observaram menor taxa de redução do pH, menores perdas de matéria seca, menor consumo de açúcares e maior concentração de ácido láctico nos tratamentos aditivados em relação ao controle. No tratamento controle ocorreu redução de 51% do °Brix enquanto que na silagem com hidróxido de amônia essa perda constituiu 8,7%.

O estudo do perfil de fermentação permite avaliar a dinâmica do processo fermentativo bem como as alterações nas populações microbianas, ALLI et al. (1983) observaram redução de 93% dos teores de carboidratos solúveis em sete dias de fermentação da silagem de cana-de-açúcar e atribuíram esta redução à alta população de leveduras presente na silagem 10^8 UFC/g de silagem com dois dias de fermentação, enquanto nas silagens tratadas com hidróxido de amônia (28% de N) a perda de carboidratos foi de 17,5% e a população de leveduras (10^5 UFC/g de silagem) foi bem inferior. Segundo REIS & RODRIGUES (1998), a amônia têm efeito fungistático, em decorrência da alteração do pH do meio.

A utilização de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar foi alvo do estudo de ALVAREZ & PRESTON (1976), os quais avaliaram doses de uréia no controle das

perdas de açúcares representados pelo °Brix, a dose de 1,02% de uréia foi a que propiciou a menor redução no teor de açúcares, cerca de 9% enquanto o controle apresentou perda de 40%. Em outro estudo, PEDROSO (2003) avaliou doses de uréia (0; 0,5; 1,0 e 1,5%) na ensilagem da cana-de-açúcar e observou redução nas perdas de matéria seca de 18,2% no controle para 6,56% nas silagens tratadas com 1,5% de uréia. O teor de etanol encontrado nas silagens acrescidas de uréia não foi significativamente diferente do controle. Talvez a não constatação de diferenças foi devido ao alto coeficiente de variação relacionado à análise dos dados de etanol (12,5%).

Avaliando a dinâmica de fermentação, PEDROSO (2003) constatou que durante 144 dias, as silagens tratadas com 0,5% de uréia sempre produziram menos etanol e gás do que o controle. Nesse experimento não houve influência significativa da uréia sobre a estabilidade aeróbia. Já HILL & LEAVER (2002) avaliando as mudanças na temperatura durante a exposição ao ar de silagens de trigos tratadas com 0, 2 e 4% de uréia, observaram redução da taxa de elevação da temperatura de 1,19 para 0,78°C/h nas silagens com 31,6% de matéria seca e de 1,27 para 0,36°C/h, nas silagens com 44,5% de matéria seca.

4.1.2 Hidróxido de sódio

O hidróxido de sódio ao ser acrescentado a ensilagem tem capacidade de alcalinizar o meio e alterar o processo fermentativo, com resultados satisfatórios na ensilagem da cana-de-açúcar, reduzindo a fermentação alcoólica, aumentando a concentração de ácido láctico e elevando a digestibilidade (CASTRILLÓN et al., 1978).

NIEBLAS et al. (1982) observaram expressiva redução do etanol na silagem da cana-de-açúcar quando adicionou 4% de NaOH, passando de 5,26 para 0,42% e aumento de 3,09 para 13,15% de ácido láctico. Segundo os autores o fato do meio ter sido alcalinizado, estimulou as bactérias ácido láctico e alterou o perfil de fermentação que era tipicamente alcoólica, além de aumentar a digestibilidade.

Em estudo realizado por PEDROSO (2003), onde foram avaliadas doses de hidróxido de sódio (0, 1, 2 e 3%) constatou-se elevação de 65 (controle) para 120 horas

para atingir 2 °C acima da temperatura ambiente (dose de 1%), porém a medida que aumentou a dose do hidróxido de sódio houve redução da estabilidade, provavelmente devido a solubilização dos componentes da parede celular, sugerindo que houve aumento da disponibilidade de carboidratos, favorecendo o desenvolvimento de microrganismos na presença de oxigênio.

TETLOW et al. (1987) trataram a planta de centeio com 5% de NaOH no momento da ensilagem, foi observado elevação nos teores de ácido láctico de 3,2 para 4,6% e redução nos teores de etanol de 0,43 para 0,27%. Observaram também redução nos teores de FDN de 61,6 para 58,8%, e aumento nos teores de carboidratos solúveis de 5,0 para 8,13%, fato esse devido à solubilização da fração fibrosa.

4.1.3 Benzoato de sódio

KUNG Jr. et al. (2003) comentam que o benzoato de sódio e os sorbatos são utilizados na ensilagem com o objetivo de deter o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos. WOOLFORD (1975) avaliou o efeito do benzoato em diferentes valores de pH. O autor relata que à medida que o pH é reduzido, a necessidade de benzoato na inibição de leveduras e fungos também é reduzida. Em pH igual a 6, necessita-se de 110 e 55 mM de benzoato de sódio para inibir leveduras e fungos filamentosos, respectivamente. Já em pH de 3 a 4, essa necessidade foi reduzida a 2 e 3 mM de benzoato de sódio.

PEDROSO (2003) avaliando silagem de cana-de-açúcar com 94 dias de fermentação, observou que a aplicação de 0,1% de benzoato de sódio reduziu a população de leveduras, o teor de etanol além de conservar uma maior quantidade de carboidratos solúveis. BERNARDES et al. (2004) avaliando a inclusão de benzoato de sódio na ensilagem do capim-Marandu nas doses de 0,05, 0,1, 0,2 e 0,3%, observaram melhora na recuperação da matéria seca no pós-abertura a partir da dose de 0,1% (96,6%) em relação ao controle (84,5%).

4.2 Inoculantes bacterianos

A concepção do uso de culturas de bactérias homofermentativas no processo fermentativo de ensilagem é uma técnica que vêm sendo utilizada a mais de cem anos, porém muitas vezes realizadas sem sucesso, devido à utilização de microrganismos que não atendem exigências, como: serem competitivos e dominarem os microrganismos epifíticos, produzirem ácido lático em curto espaço de tempo, tolerarem acidez, entre outras características (WEINBERG & MUCK, 1996). Nessa mesma revisão, os autores propõem o uso de “microrganismos alternativos”, que por ora não atendam as exigências supracitadas, mas que trazem novo enfoque, o controle de microrganismos indesejáveis, durante a fermentação e no pós-abertura.

Esses microrganismos são produtores de ácidos orgânicos considerados fracos, no que se refere à eficiência em reduzir o pH da massa ensilada. No entanto, a ação desses ácidos ocorre sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos (MOON, 1983 e McDONALD et al., 1991) (Figura 2).

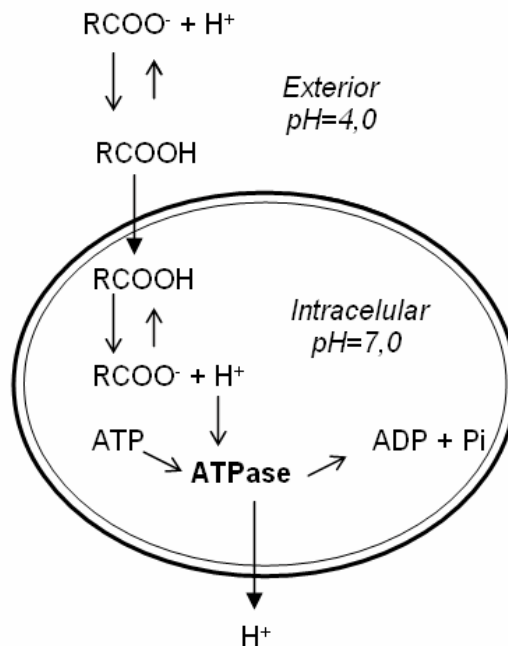


Figura 2. Destino do ácido orgânico em ambiente de baixo pH e na presença da célula microbiana

Fonte: DAVIDSON (1997) e BERNARDES (2003)

As bactérias *Propionibacterium acidipropionici* e o *Lactobacillus buchneri* entre outros compostos produzem principalmente ácido propiônico e ácido acético, respectivamente (DAWSON et al., 1998 e DANNER et al., 2003). Esses ácidos em pH inferior ao seu pK_a (4,87 e 4,73 dos ácidos propiônico e acético, respectivamente), ficam na forma não dissociada, sendo a membrana dos microrganismos permeável a eles, conseqüentemente a entrada do ácido é realizada via transporte passivo. Dentro das células, eles são dissociados ($RCOO^-$ e H^+) devido ao pH interno do microrganismo ser por volta de 7,0 (superior ao pK_a), liberando íons H^+ , conseqüentemente ocorre rápida redução do pH intracelular. Para elevar novamente o pH, o microrganismo tem que expulsar os íons H^+ , implicando em gasto de energia, por se tratar de um processo de transporte ativo, retardando o crescimento e podendo causar a morte celular (McDONALD et al., 1991).

4.2.1 *Lactobacillus buchneri*

WEINBERG & MUCK (1996) propuseram a utilização do *L. buchneri* visando atender os novos conceitos em relação a inoculantes citados acima. A partir de então vários estudos vêm sendo realizados em todo o mundo DRIEHUIS et al. (1999), KUNG Jr. & RANJIT (2001), OUDE ELFERINK et al. (2001), PEDROSO et al. (2002), SCHMIDT et al. (2004a), WEINBERG et al. (2002) entre outros.

Bactérias heteroláticas fermentam glicose produzindo ácido láctico e etanol, já a frutose é fermentada a ácido láctico, acético e manitol; porém o *L. buchneri* não possui a enzima acetadeído desidrogenase responsável pela redução de acetaldeído a etanol. Portanto esse microrganismo não produz etanol, conseqüentemente ocorre aumento na concentração de ácido acético como produto final de sua fermentação (McDONALD et al., 1991).

OUDE ELFERINK et al. (2001) demonstraram a capacidade do *L. buchneri* de degradar em condições anaeróbias, ácido láctico em ácido acético e 1,2-propanodiol, em quantidades equimolares. Vale ressaltar, que a redução de ácido láctico representa diminuição de substrato potencialmente fermentável por leveduras. No caso da

ensilagem da cana-de-açúcar, esse efeito apresenta grande interesse durante o processo fermentativo e no pós-abertura.

DRIEHUIS et al. (1999) observaram presença de 1-propanol e ácido propiônico em silagens inoculadas com *L. buchneri*. No entanto, esses metabólitos não foram observados em experimentos *in vitro*, onde o *L. buchneri* foi incubado isoladamente, sugerindo que o metabolismo desses produtos é de responsabilidade de outro microrganismo. KROONEMAN et al. (2002) provaram que o *L. buchneri* não foi capaz de degradar 1,2-propanodiol e isolou uma nova bactéria (*Lactobacillus diolivorans*) que tem capacidade de degradar 1,2-propanodiol em 1-propanol e ácido propiônico. Segundo DANNER et al. (2003) o 1 propanol em concentrações superiores a 2% tem efeito em elevar a estabilidade aeróbia de silagens e MOON (1983) observou inibição do crescimento de leveduras na presença de ácido propiônico.

RANJIT & KUNG Jr. (2000), utilizando *L. buchneri* na dose de 10^6 ufc/g de forragem, observaram aumento no teor de ácido acético de 1,8% na silagem sem inoculante para 3,6% na silagem inoculada com *L. buchneri*. A população de leveduras foi de 10^6 e 10^2 ufc/g de silagem, nas silagens não inoculadas e inoculadas, respectivamente. Conseqüentemente a estabilidade aeróbica aumentou em relação às silagens não tratadas, passando de 26,5 h para mais de 900 h.

Estudando o efeito do *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar, FREITAS et al (2004) não observaram redução nas perdas de matéria seca nas silagens inoculadas (33,2%) em relação às silagens controle (31,1%). No entanto, PEDROSO (2003) constatou redução nas perdas de matéria seca de 18,2 para 8,05% em silagens aditivadas com *L.buchneri* quando comparada à silagem sem aditivo. NUSSIO & SCHMIDT (2004) comentam que a não observância de efeito nas silagens obtidas por FREITAS et al. (2004) pode ser devido ao baixo teor de matéria seca das silagens (21,4%), que provavelmente propiciou elevada perda de nutrientes via efluente, que não foi mensurado e pelo fato do *L. buchneri* não ser indicado para tratamentos de silagens com baixo teor de matéria seca.

4.2.2 *Propionibacterium*

Outro microrganismo utilizado visando atuar na estabilidade aeróbia e no controle de leveduras é o *Propionobacterium*, que tem capacidade de fermentar três moles de lactato e produzir dois moles de propionato, um mol de acetato e um mol de gás carbônico (KUNG Jr. et al., 2003). Esses mesmos autores relatam que os incrementos na estabilidade aeróbia, encontrados na literatura, são controversos.

FLORES-GALARZA et al. (1985) realizaram estudo com *P. shermanii* em adição na ensilagem de grãos úmidos de milho, os autores encontraram redução na população de leveduras de $2,4 \times 10^7$ para menos de 10 nas silagens inoculadas com *P. shermanii* ou nas inoculadas com associação de *L. plantarum* e *P. shermanii*, observação importante neste estudo refere-se ao pH final da silagem, que foi superior a 4,5.

WEINBERG et al. (1995) não encontraram efeito positivo deste microrganismo tanto na fermentação quanto na exposição aeróbia em silagens de milho. Os autores atribuem a não constatação de efeito ao declínio do pH, pois estas silagens apresentaram pH final inferior a 4,0. Segundo KUNG Jr. et al. (2003) as bactérias do gênero *Propionibacterium* são inibidas em pH inferior a 4,2-4,5. No entanto, FILYA et al. (2004) adicionaram *P. acidipropionici* na ensilagem de trigo, sorgo e milho. Mesmo as silagens tendo apresentado pH inferior a 4,0 com dezesseis dias de fermentação, foram observados aumentos no teor de ácido propiônico de 0,06 para 0,9% e no teor de ácido acético de 0,5 para 0,74% nas silagens inoculadas com *P. acidipropionici*, após sessenta dias de fermentação. Conseqüentemente estas silagens tiveram menor população de leveduras após cinco dias de exposição aeróbia ($<2,0$ log ufc/g de silagem), em relação às silagens controle (5,7 log ufc/g de silagem).

5 Objetivos gerais

Objetivou-se avaliar nos trabalhos subseqüentes o efeito dos aditivos químicos (uréia, benzoato de sódio e hidróxido de sódio) e inoculantes bacterianos (*Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum* e *L. buchneri*) sobre a redução das perdas quantitativas e qualitativas durante a fermentação e exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar.

CAPÍTULO 2 – ASSOCIAÇÃO ENTRE ADITIVOS QUÍMICOS E BACTERIANOS NA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.)

RESUMO – Objetivou-se avaliar a ensilagem da cana-de-açúcar tratada com três aditivos químicos (uréia 1,5%, benzoato de sódio 0,1% e hidróxido de sódio 1% na MN) mais o grupo controle e duas inoculações (*Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus buchneri*) mais o grupo controle em um esquema fatorial 4 x 3 com três repetições para cada tratamento. Determinaram-se as perdas ocorridas durante o processo fermentativo, nas formas de gases e de efluentes e a recuperação da matéria seca. Avaliou-se o valor nutritivo da forragem antes de ensilar, das silagens após a abertura dos silos e após a exposição aeróbia. A associação de *L. buchneri* e NaOH elevaram a recuperação da matéria seca digestível verdadeira em relação às silagens controle de 45,0 para 84,8%. No pós-abertura destaca-se a atuação do benzoato de sódio em manter o pH, variação de 0,1 unidade em cinco dias de exposição aeróbia e dos inoculantes *L. buchneri* e *P. acidipropionici* + *L. plantarum* em prolongar o tempo para elevação da temperatura de 34 horas nas silagens controle para 54,0 e 50,0 horas, respectivamente. Constatou-se que a ensilagem da cana-de-açúcar requer de forma contundente a inclusão de algum aditivo, sendo que, o princípio de atuação desse, deve estar fundamentado no controle das perdas quantitativas e qualitativas durante a fermentação, além do controle das alterações no pós-abertura.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia, fermentação, inoculantes, perdas, silagem, valor nutritivo

1. Introdução

A utilização clássica da cana-de-açúcar é na forma *in natura*, cortada e picada diariamente para alimentação animal. Em grandes rebanhos essa técnica torna-se o maior empecilho para utilização deste volumoso, pois os produtores alegam dificuldades de logística operacional para realização do corte diário. Para tanto, estudos sobre a ensilagem da cana-de-açúcar foram retomados a partir do final dos anos 90, por instituições brasileiras. NUSSIO et al. (2003b) consideraram que a ensilagem da cana-de-açúcar está sendo realizada, sem as devidas preocupações com perdas ocorridas durante o processo fermentativo, e sugerem a adoção de aditivos que efetivamente controlem a produção de etanol, para que a ensilagem possa ser justificada.

Não obstante às perdas ocorridas durante a fermentação, JOBIM & GONÇALVES (2003) em revisão sobre microbiologia de silagens alertam para o efeito da entrada de oxigênio na massa ensilada, pois essa propicia atuação de microrganismos deterioradores, reduzindo açúcares solúveis e ácidos orgânicos, resultando em aumento de pH, redução na digestibilidade e no conteúdo de energia. Conseqüentemente as silagens deterioradas podem conduzir a perdas econômicas elevadas e baixo desempenho animal.

A produção de etanol na ensilagem é realizada predominantemente por leveduras, pois esses microrganismos em anaerobiose vão obrigatoriamente fermentar carboidratos solúveis e produzir etanol (PAHLOW et al., 2003). Avaliando o perfil de fermentação de silagens de cana-de-açúcar, ALLI et al. (1983) observaram teor de etanol de 10,6% aos quarenta e dois dias de fermentação, e no segundo dia de fermentação esse teor já era de 7,74%; coincidente com o pico de contagem de leveduras. Durante o processo fermentativo, esses autores observaram redução nos teores de carboidratos solúveis de 47,1% para 0,92%, nas silagens sem aditivos. Além das perdas de açúcares solúveis e produção de etanol, outros efeitos negativos são observados na ensilagem da cana-de-açúcar. EVANGELISTA et al. (2003) observaram aumento de 20 unidades percentuais na concentração da FDN da silagem de cana-de-

açúcar com 50 dias de fermentação e incremento na concentração de FDA de 28,4 para 49,1% com 88 dias de fermentação.

Adição de uréia na ensilagem é baseada na transformação dessa em NH_3 , o qual reage com água formando hidróxido de amônia, sendo que a aplicação de amônia diretamente, está associada a dificuldades de ordem operacional (KUNG Jr., 2003). A utilização de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar foi alvo do estudo de ALVAREZ & PRESTON (1976), os quais avaliaram doses de uréia no controle das perdas de açúcares representados pelo grau Brix (sacarose, açúcares redutores e não açúcares em% do caldo), a dose de 1,02% de uréia foi a que propiciou a menor redução no teor de açúcares, cerca de 9% enquanto o controle apresentou perda de 40%. Esta dose também apresentou a melhor eficiência de aplicação da uréia em relação à produção de ácidos láctico e acético.

Hidróxido de sódio (NaOH) é um aditivo muito utilizado para aumentar a digestibilidade de palhadas (McDONALD et al., 1991). NIEBLAS et al. (1982) aconselharam a utilização do NaOH na ensilagem da cana-de-açúcar, pois segundo os autores esse álcali foi capaz de alterar a fermentação basicamente alcoólica para fermentação predominantemente láctica. ALCÁNTARA et al. (1989) observaram que após trinta dias de fermentação, silagens de cana-de-açúcar tratadas com NaOH (3% da MS) tiveram 0,22% de etanol e 2,91% de ácido láctico, enquanto que, as não tratadas apresentaram 1,45% e 1,52% de etanol e ácido láctico, respectivamente.

WOOLFORD (1975) atribui ao benzoato de sódio, propriedades antimicrobianas e eficiente efeito na redução do pH. Segundo o autor, a concentração de benzoato de sódio necessária para inibição de leveduras, reduz à medida que o pH decresce. WARTH (1988) estudando o efeito do benzoato de sódio sobre o metabolismo de espécies de leveduras, conclui que tolerância à ação do benzoato algumas é espécie dependente, devido a menor permeabilidade da membrana plasmática ao ácido benzóico.

O gênero *Propionibacterium* é caracterizado pela produção de ácido acético e ácido propiônico durante a fermentação de carboidratos solúveis e ácido láctico (McDONALD et al., 1991). FILYA et al. (2004) estudaram a inoculação do

Propionibacterium acidipropionici com e sem *Lactobacillus plantarum* na fermentação e na estabilidade aeróbia de silagens de trigo, sorgo e milho. Os autores observaram que o *P. acidipropionici* foi eficiente em controlar o desenvolvimento de leveduras e fungos filamentosos nas duas fases, fermentação e estabilidade aeróbia. Resultados semelhantes foram observados por FLORES-GALARZA et al. (1985) com a inoculação de *P. shermanii* na ensilagem de grãos úmidos de milho, obtendo redução da população de fungos filamentosos e leveduras na abertura dos silos.

RANJIT & KUNG Jr. (2000) estudaram a inoculação do *Lactobacillus buchneri* na ensilagem do milho, avaliando características fermentativas e a estabilidade aeróbia dessas silagens. A inoculação com *L. buchneri* reduziu a população de leveduras na abertura dos silos de 6,05 (controle) para 2,02 log ufc/g de silagem, devido a maior concentração de ácido acético 3,6 (inoculada) contra 1,82% nas silagens não inoculadas. Durante a exposição aeróbia, os autores observaram que as silagens tratadas com *L. buchneri* tiveram menores elevações de pH, reduzidas perdas de carboidratos solúveis e de ácido lático, conseqüentemente apresentaram maior tempo para elevação da temperatura.

No presente trabalho objetivou-se avaliar perdas e alterações químicas durante a fermentação e exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos (uréia, benzoato de sódio e NaOH) associados ou não aos inoculantes (*P. acidipropionici* + *L. plantarum* e *L. buchneri*).

2. Material e Métodos

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizada foi o cultivar SP70-1143, proveniente da Usina Andrade Açúcar e Álcool, localizada no município de Pitangueiras, distrito de Ibitiúva-SP. A cultura foi adubada com 400 kg/ha do formulado 20-05-20, após o terceiro corte e o controle de invasoras foi realizado com o herbicida Platô. A colheita manual procedeu-se no mês de outubro de 2003, quando a cana-de-açúcar apresentava-se apta para o quarto corte, com produção estimada de 80 t MV/ha

aos 15 meses de crescimento vegetativo e com 16% de pol (sacarose -% da cana-de-açúcar).

O cultivar SP70-1143, segundo TORRES & COSTA (2001) apresenta baixa exigência em fertilidade do solo e está apta para o corte, nos meses de Maio a Julho. O corte realizado em Outubro representando a cana-de-açúcar que possivelmente se tornaria “cana bisada”, devido ao início do período de chuva.

2.1 Tratamentos

A forragem foi transportada até as dependências UNESP-Jaboticabal e no dia posterior ao corte a cana-de-açúcar foi processada em picadora estacionária em partículas de 1 a 3 cm, sem sofrer despalhamento.

Utilizou-se como tratamentos dois inoculantes bacterianos mais o grupo controle, associados a três aditivos químicos mais o grupo controle em um esquema fatorial 3 x 4, num total de 12 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos descritos abaixo:

- 1) Sem inoculante e sem aditivo químico,
- 2) S/ inoculante com 1,5% de uréia,
- 3) S/ inoculante com 0,1% de benzoato de sódio,
- 4) S/ inoculante com 1% de hidróxido de sódio,
- 5) *P. acidipropionici* + *L.plantarum* sem aditivo químico,
- 6) *P. acidipropionici* + *L.plantarum* com 1,5% de uréia,
- 7) *P. acidipropionici* + *L.plantarum* com 0,1% de benzoato de sódio,
- 8) *P. acidipropionici* + *L.plantarum* com 1% de hidróxido de sódio,
- 9) *L. buchneri* sem aditivo químico,
- 10) *L. buchneri* com 1,5% de uréia,
- 11) *L. buchneri* com 0,1% de benzoato de sódio,
- 12) *L. buchneri* com 1% de hidróxido de sódio,

Os microrganismos *Propionibacterium acidipropionici* (Cepa MS 01) e *Lactobacillus plantarum* (Cepa MA 18/50) utilizados são encontrados no inoculante comercial Propiolact® (PROP), o microrganismo *Lactobacillus buchneri* (Cepa NCIMB

40788) é encontrado no inoculante comercial LalsilCana® (BUCH). Os inoculantes bacterianos foram aplicados conforme recomendações dos fabricantes observando as doses e diluições. As aplicações dos aditivos químicos foram calculadas com base na matéria natural da forragem. A uréia foi diluída em água e aplicada em solução de 35 L/t de forragem, o benzoato de sódio foi aplicado através de solução de 15L/t e o hidróxido de sódio (NaOH) foi utilizado em solução de 33,3%. Nos tratamentos que envolveram associação entre inoculante e aditivo químico, a aplicação foi realizada separadamente, sendo primeiro pulverizado o inoculante e logo após o aditivo químico.

2.2 Ensilagem e determinação das perdas

Como silos experimentais foram utilizados canos de PVC de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, tendo tampas com válvulas de “Bunsen” para permitir o escape do gás e no fundo dos silos foi colocado 1,2 kg de areia seca, separada da forragem por uma tela e um tecido de náilon, para quantificação do efluente produzido.

A ensilagem foi realizada com auxílio de bastões de ferro, objetivando alcançar a densidade de 650 kg de forragem/m³, foi determinado o volume de cada silo experimental, descontando-se o espaço ocupado pela areia e pesou-se a quantidade de forragem necessária para obter a densidade desejada. Após a compactação da forragem os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados.

Decorridos 60 dias de fermentação os silos foram novamente pesados, para determinação das perdas por gás e abertos. Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia, tela e tecido de náilon foram pesados para quantificação do efluente produzido.

A determinação da perda por gases foi calculada pela seguinte fórmula:

$PG = (PSI - PSF) / MSI * 100$, sendo:

PG: produção de gases (% da MS),

PSI: peso do silo no momento da ensilagem (kg),

PSF: peso do silo no momento da abertura (kg),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) *% matéria seca)

A determinação da produção de efluente foi calculada pela equação:

$PE = (PSAF - PSAI)/MNI*1000$, sendo:

PE: produção de efluente (Kg / t de Matéria verde),

PSAF: peso do conjunto silo, areia, tela e náilon após a abertura (kg),

PSAI: peso do conjunto silo, areia, tela e náilon antes da ensilagem (kg),

MNI: quantidade de forragem ensilada (kg).

2.3 Amostragens e análises químico-bromatológicas:

Antes da ensilagem, após a aplicação dos referidos inoculantes e/ou aditivos a forragem foi amostrada três vezes para cada tratamento. Sendo que cada amostra foi fragmentada ainda em duas sub-amostras. Uma sub-amostra foi destinada à quantificação da capacidade tampão (CT) segundo metodologia descrita por PLAYNE & McDONALD (1966) e do pH segundo SILVA & QUEIROZ (2002), a outra sub-amostra foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

Na abertura dos silos, após homogeneização da silagem, retirou-se duas amostras de cada silo. Uma das amostras coletadas foi preparada, segundo a metodologia descrita por KUNG Jr. et al. (1984), para determinação do pH com o uso do potenciômetro (SILVA & QUEIROZ, 2002) e nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃), conforme PRESTON (1986). A outra amostra foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

As amostras que foram levadas para estufa, colhidas antes da ensilagem e após a abertura dos silos, foram novamente pesadas, moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem menos de 1 mm e armazenadas em potes de plástico.

Determinou-se os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio ligado a FDN (N-FDN) e extrato etéreo (EE) segundo os métodos descritos por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por VAN SOEST (1991). Para determinação da celulose foi utilizado o ácido sulfúrico a 72%

(VAN SOEST, 1994), enquanto os teores de lignina foram calculados por diferença entre FDA e celulose. O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado pela expressão (CNF = 100 – (FDN + MM + PB + EE)). A digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca foi determinada pelo método de Tilley & Terry (SILVA & QUEIROZ, 2002).

Determinou-se também a variação dos teores de matéria seca (VMS), sendo calculada como a diferença da percentagem da matéria seca no momento da ensilagem e da % MS na abertura, expressada em módulo.

2.4 Recuperação das frações

Determinou-se as recuperações dos CNF e da matéria seca digestível verdadeira, pela equação descrita abaixo:

Rec = (MSF *%Ff) / (MSI *%Fi) * 100, sendo:

Rec: recuperação da fração X (% da fração X),

MSF: matéria seca no momento da abertura (quantidade de forragem (kg) *% matéria seca),

%Ff: percentagem da fração X , no momento da abertura,

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) *% matéria seca),

% Fi: porcentagem da fração X, no momento da ensilagem.

Para a determinação da recuperação da matéria seca utilizou-se:

Rec = MSF/MSI*100

2.5 Avaliações no pós-abertura

Após a abertura dos silos uma parte da amostra foi colocada em baldes plásticos e estes foram pesados e armazenados em câmara climática a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, para avaliação da estabilidade aeróbia. As temperaturas das silagens no pós-abertura foram obtidas a cada 12 horas durante 5 dias por meio de um termômetro

inserido dentro da massa de silagem contida nos baldes. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto em horas, para a massa de forragem elevar em 1°C a temperatura acima daquela do ambiente (DRIEHUIS et al. 2001).

Decorridos cinco dias de exposição aeróbia os baldes com as amostras foram novamente pesados para determinação da recuperação da matéria seca (semelhante ao realizado na fermentação) e as silagens foram amostras para realização das mesmas análises que foram realizadas nas amostras de silagem após a abertura.

2.6 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (3 x 4), com três repetições. Sendo os fatores: inoculação (controle, *P. acidipropionici* + *L. plantarum* e *L. buchneri*) e aditivos químicos (controle, uréia, benzoato de sódio e hidróxido de sódio).

Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos da análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o programa de Análise Estatística ESTAT, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP.

3. Resultados e Discussão

3.1 Fase em anaerobiose

A capacidade tampão (CT) representa a resistência de uma determinada substância em alterar o pH. Na ensilagem deseja-se que a forragem possua baixa CT, assim facilitaria a queda do pH, devido aos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação. Observa-se na Tabela 01 que independente da inoculação os maiores valores de CT foram obtidos nas forragens tratadas com NaOH. Esse aditivo em solução aquosa dissocia-se no íon sódio (Na^+) e em hidroxila (OH^-), a hidroxila produzida tem a capacidade de combinar com o H^+ do meio e inibir as alterações do pH. Assim sendo, o tratamento da cana-de-açúcar com NaOH propiciou forragens com alta CT.

Tabela 01. Valores de capacidade tampão (CT) da forragem antes da ensilagem e teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total na matéria seca (NH₃) das silagens, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	CT (e. mg de HCl/100 g de MS)				N-NH ₃ (% do N total)			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	7,0 Ab	5,64 Ab	6,2 Ab	6,3 b	2,9 Ab	4,0 Ab	4,8 Ab	3,9 b
Uréia	6,2 Ab	7,10 Ab	4,7 Ab	6,0 b	14,7 Ca	56,6 Ba	74,5 Aa	48,6 a
Benzoato	7,4 Ab	7,21 Ab	6,5 Ab	7,0 b	4,6 Ab	4,8 Ab	5,2 Ab	4,9 b
NaOH	35,5 Aa	34,81 Aa	28,2 Ba	32,8 a	3,3 Ab	4,9 Ab	3,5 Ab	3,9 b
Média	14,0 A	13,7 A	11,4 B	11,5	6,4 C	17,6 B	22,0 A	15,3
CV (%)	9,93				15,50			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

No estudo, avaliando ensilagem da cana-de-açúcar, realizado por BERNARDES et al. (2002), observaram valores da CT de 9,2 e.mg de HCl/100g MS. Nesse contexto, pode-se constatar que os valores encontrados nesse experimento foram um pouco inferiores. Vários são os fatores que podem afetar a CT, entre eles conteúdo de carboidratos solúveis (CS), de nitrogênio e de minerais. Acreditava-se que a uréia elevaria a CT da forragem, no entanto esse efeito não foi observado. Provavelmente, devido ao alto conteúdo de CS, comum na cana-de-açúcar, houve diluição do efeito esperado do nitrogênio inserido na massa ensilada. LIMA et al. (2002) avaliando doses de 0; 0,5; 1,0 e 1,5% de uréia na ensilagem da cana-de-açúcar, observaram elevação da CT apenas nas silagens tratadas com 1,0% de uréia (8,48 e.mg de HCl/100g MS) contra 4,34 e.mg de HCl/100g MS nas silagens testemunhas.

Na maioria das silagens produzidas de culturas tradicionais, como milho e sorgo, o nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃) é indicativo de fermentação indesejável, ocasionado principalmente por microrganismos do gênero *Clostridium* (McDONALD et al., 1991). No entanto, na ensilagem da cana-de-açúcar, a fermentação por clostrídeos pode ser considerada marginal, pois ocorre rápido

abaixamento do pH, devido à baixa CT, inibindo desse modo à atividade dos clostrídeos.

Pode-se observar na Tabela 01, que independente da inoculação, as silagens tratadas com uréia produziram maiores teores de N-NH₃. A uréia ao ser hidrolisada pela uréase transforma-se em NH₃, a qual reage com água produzindo hidróxido de amônia (SUNDSTOL & COXWORTH, 1984), elevando assim o teor de N-NH₃. A princípio essa parece ser uma reação indesejável, porém na ensilagem da cana-de-açúcar a presença de amônia pode trazer vantagens indiretas devido ao controle de leveduras. Outro fato, é que em associação com a uréia observou-se maiores valores de N-NH₃ nas silagens tratadas com BUCH (74,5%) seguidas das silagens tratadas com PROP (56,6%). Provavelmente, ocorreu maior eficiência de transformação de uréia em amônia nessas silagens, devido a possível presença de uréase de origem microbiana.

O valor do pH é consequência de uma série de eventos ocorridos durante a fermentação e das características intrínsecas da planta. Na Tabela 02 estão relacionados os valores de pH antes da ensilagem e após a abertura dos silos. Observa-se que antes da ensilagem, as forragens do grupo controle tiveram maiores valores de pH, diferenciado estatisticamente ($P < 0,05$), porém biologicamente essa diferença (0,1 unidades de pH) pode ser considerada insignificante. No entanto, as forragens tratadas com NaOH, apresentaram pH superior às demais, pois o NaOH é considerado uma substância alcalinizante.

Após a abertura, as silagens tratadas com uréia sem inoculação e inoculadas com PROP apresentaram valores de pH inferiores aos das tratadas com NaOH e superiores aos demais, exceto nas silagens inoculadas com BUCH, que não apresentaram diferença estatística entre as tratadas com NaOH e as com uréia. Esse fato pode ser atribuído à elevação da concentração de amônia nessas silagens, que pode ser constatado pelos valores de N-NH₃. KUNG Jr. (2003) em revisão sobre aditivos para ensilagem, conclui que silagens tratadas com uréia onde haja eficiente transformação dessa em amônia, produzem silagens com valores de pH superiores às não tratadas. Ao analisar os valores de CT, não se esperavam obter silagens com pH elevado, quando tratadas com uréia, porém vale ressaltar que a transformação da uréia

em hidróxido de amônio, que é uma substância alcalinizante, não é um processo instantâneo. Segundo LESSARD et al. (1978) a uréase na ensilagem de milho foi capaz de hidrolizar 6 µmol de uréia/g MS/h, mantendo essa taxa nos dois primeiros dias de ensilagem.

Outro fato, a ser observado é a tendência de menores valores de pH nas silagens inoculadas com BUCH, seguidas das inoculadas com PROP e maiores valores observados nas silagens controle. No entanto, nas silagens tratadas com uréia, esse comportamento foi o inverso. Pode-se, associá-lo aos teores de nitrogênio amoniacal observados nessas silagens (Tabela 01), pois esse é uma substância que tem poder alcalinizante, conseqüentemente dificulta a redução do pH.

Tabela 02. Valores de pH antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Ensilagem				Abertura			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	5,9	5,6	5,7	5,8 b	3,7 Ac	3,5 Bc	3,4 Bb	3,6 c
Uréia	5,8	5,8	5,7	5,8 b	4,2 Bb	4,3 Bb	4,6 Aa	4,4 b
Benzoato	6,0	5,7	5,7	5,8 b	3,7 Ac	3,6 Ac	3,5 Bb	3,6 c
NaOH	11,7	11,6	11,6	11,6 a	4,6 Aa	4,6 Aa	4,5 Ba	4,6 a
Média	7,3 A	7,2 B	7,2 B	7,2	4,1 A	4,0 B	4,0 B	4,0
CV (%)				1,71				1,40

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ 1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

O tratamento da cana-de-açúcar com NaOH propiciou silagens com valores de pH superiores a maioria das demais silagens (Tabela 02). O sinergismo da alta CT com o elevado pH na ensilagem promoveram esses valores de pH. O pH final é fruto da extensão da fermentação, principalmente a realizada por microrganismos homofermentativos. Em silagens com alta CT, a quantidade de moles de ácido láctico necessários para reduzir o pH em uma unidade é muito maior que em silagens com baixa CT. Além de que, ao se produzir ácidos orgânicos durante a fermentação esses geralmente encontram-se dissociados elevando a CT, como foi verificado no estudo de

EVANGELISTA et al. (2003), avaliando silagens de cana-de-açúcar em diferentes tempos de fermentação. Os autores observaram que à medida que avançava o tempo de estocagem a CT das silagens elevou-se de 1,2 no dia da ensilagem para 17 e.mg de HCl/100g MS (sessenta dias de fermentação), mostrando que a cada dia de fermentação torna-se mais difícil a redução do pH.

Durante o processo fermentativo, microrganismos consomem proteína e carboidratos. A fermentação de carboidratos pode gerar vários produtos como ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico e butírico), etanol, água, ATP e CO₂. A produção de gás carbônico durante a fermentação por leveduras é bastante significativa. Na ensilagem da cana-de-açúcar perdas por gases é um parâmetro de muita importância, pois essa tem alta correlação com a produção de etanol por leveduras (PEDROSO, 2003).

Na Tabela 03 encontram-se os dados referentes a perdas por gases (PG) das silagens de cana-de-açúcar. Observa-se que as silagens tratadas com NaOH tiveram entre os aditivos químicos às menores PG, porém não diferiram estatisticamente das tratadas com benzoato sem inoculante e com BUCH (P>0,05). Em relação à inoculação, o BUCH propiciou às menores PG nas silagens sem aditivos químicos e nas silagens tratadas com benzoato.

O efeito sinérgico entre o aditivo químico NaOH e os inoculantes foi solidamente demonstrado nesse resultado, pois seu efeito combinado foi superior aos efeitos isolados. O efeito do PROP só foi positivo, comparado ao controle, quando esse foi utilizado associado ao NaOH. Esse efeito parece estar associado ao pH, pois a bactéria *P. acidipropionici* têm seu crescimento inibido em pH inferior a 4,5 (HIGGINBOTHAM et al., 1998). O ácido propiônico tem efeito inibitório sobre o metabolismo de leveduras (MOON, 1983). Porém no estudo de HIGGINBOTHAM et al. (1998) utilizando *Propionibacterium* na ensilagem de milho não se observou efeito sobre a contagem de leveduras durante o período fermentativo, pois o pH das silagens com três dia de fermentação era inferior a 4,2, sendo que após noventa dias, esse pH foi de 3,75. Provavelmente, ao se ensilar a cana-de-açúcar sem aditivo alcalinizante o pH foi reduzido rapidamente a valores inferiores a 4,0, mas quando esta foi ensilada com o

NaOH o pH não sofreu redução a níveis inferiores ao citado o que propiciou maior tempo para ação das bactérias ácido propiônicas.

Tabela 03. Perdas por gases (PG) expressas em percentagem da matéria seca ensilada e por efluentes, expressa em kg de efluente por tonelada de matéria verde ensilada, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	PG (% da MS)				Efluentes (kg / t MV)			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	15,9 Ba	19,9 Aa	13,2 Ca	16,4 a	76,2 ABa	84,9 Aa	66,5 Bb	75,9 ab
Uréia	13,2 Aab	13,9 Ab	12,2 Aa	13,1 b	56,5 Bb	83,9 Aa	75,0 Aab	71,8 b
Benzoato	11,2 Abc	12,6 Ab	7,3 Bb	10,4 c	63,0 Cab	98,4 Aa	82,2 Ba	81,2 a
NaOH	9,6 Ac	6,4 Bc	6,2 Bb	7,4 d	3,2 Ac	5,8 Ab	2,2 Ac	3,7 c
Média	12,5 A	13,2 A	9,7 B	11,8	49,7 B	68,2 A	56,5 B	58,1
CV (%)				11,08				11,93

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

A associação do BUCH com benzoato ou com NaOH propiciaram baixas PG. O efeito de cada associação deve ser discutido separadamente, pois se trata de diferentes efeitos sinérgicos. WOOLFORD (1975) considera o benzoato de sódio como inibidor de bactérias heterofermentativas, no entanto, nesse estudo pode-se observar o efeito sinérgico da atuação entre o BUCH e o benzoato. Vale ressaltar que esse efeito pode ter sido uma somatória e não propriamente um estímulo do benzoato na atuação do BUCH. Já em relação à associação do NaOH e do BUCH, acredita-se que a manutenção do pH em valores mais altos durante a fermentação pode ter estimulado o crescimento do *L. buchneri* e assim aumentado a síntese de ácido acético, que tem como função nessas silagens inibir o crescimento de leveduras. Tal fato é de grande relevância, pois as leveduras são as principais responsáveis pela produção de CO₂ durante a fermentação dos carboidratos solúveis a etanol.

Na associação dos inoculantes PROP e BUCH com NaOH, outro efeito pode ter propiciado redução da PG, a inclusão de substâncias alcalinas estimula a proliferação de bactérias homofermentativas, que por sua vez aumentam a produção de ácido lático

especialmente na ensilagem da cana-de-açúcar (NIEBLAS et al., 1982). O ácido láctico é considerado substrato tanto para o *P. acidipropionici* quanto para o *L. buchneri* produzirem ácido propiônico e ácido acético, respectivamente (McDONALD et al., 1991 e OUDE ELFERINK et al., 2001). No caso específico do *L. buchneri* além da produção de ácido acético constata-se a síntese de 1,2-propanodiol, que também é um composto, com efeito, inibitório sobre o crescimento de leveduras (OUDE ELFERINK et al., 2001).

Em relação à produção de efluentes pelas silagens de cana-de-açúcar. Pode-se observar (Tabela 03) que os valores encontrados, exceto para as silagens tratadas com NaOH, foram altos frente aos resultados observados na literatura. SCHMIDT et al. (2004b) observaram produções de efluentes variando de 30,4 a 42,5 kg/t MV, enquanto que no presente estudo, a média foi de 58,1 kg/t MV. Alguns fatos podem ser relacionados a essa superestimativa da produção de efluentes, o primeiro pode estar relacionado a picagem do material, pois apesar de não ter sido quantificado o tamanho das partículas, visualmente observou-se que houve dilaceração de muitas partículas, produzindo fragmentos muito pequenos. Outra explicação seria o processo de ensilagem, realizado em silos experimentais de PVC, em especial nesse experimento. Foram utilizados bastões de ferro (material e métodos) na compactação da forragem e esses apresentavam diâmetro próximo ao dos silos utilizados, conseqüentemente esse fato propiciava compactação sobre toda a superfície do silo, não permitindo refluxo da forragem. Essa forma de compactação pode ter provocado maior dilaceramento das partículas ensiladas e conseqüentemente aumentado da produção de efluentes.

Segundo JOBIM & GONÇALVES (2003) faz-se necessário determinar a eficiência de aproveitamento da silagem, considerando a quantidade de forragem disponível no campo em relação à forragem consumida pelos animais, enfocando assim todas as perdas ocorridas durante o processo de ensilagem e utilização das silagens. De maneira, mais restrita e pontual, a recuperação de matéria seca (RMS) representa a quantidade de silagem produzida em relação à forragem ensilada, ambas consideradas na matéria seca. A RMS é afetada pela PG e pela produção de efluentes, sendo a somatória dessas duas. Observa-se na Tabela 04 que independente do aditivo químico às silagens inoculadas com BUCH apresentaram maiores RMS ($P < 0,05$). Destaca-se

também que as silagens tratadas com NaOH e inoculadas com PROP e BUCH apresentaram maiores RMS comparadas aos demais aditivos dentro dessas inoculações.

Tabela 04. Recuperação da matéria seca (RMS%), expressa em percentagem da matéria seca ensilada e variação dos teores de matéria seca (VMS), calculada como a diferença em módulo da % MS no momento da ensilagem e da % MS na abertura, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	RMS (%)				VMS			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	67,5 Bb	66,4 Bc	80,8 Ac	71,6 d	7,8 Aa	7,6 Aa	3,1 Ba	6,2 a
Uréia	72,8 Ba	75,0 Bb	79,7 Ac	75,8 c	6,7 Aab	4,7 Bb	3,4 Ca	4,9 b
Benzoato	74,8 Ba	74,8 Bb	87,2 Ab	78,9 b	5,9 Ab	4,5 Bb	0,8 Cb	3,7 c
NaOH	76,1 Ca	86,5 Ba	93,7 Aa	85,4 a	7,7 Aa	3,9 Bb	1,4 Cb	4,4 bc
Média	72,8 C	75,7 B	85,3 A	77,9	7,0 A	5,2 B	2,2 C	4,8
CV (%)	2,17				13,10			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ 1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Segundo PEDROSO (2003) a RMS apresenta alta correlação com a PG (0,984). Pode-se assim associar às explicações feitas a PG para a RMS dessas silagens, pois o maior depressor da RMS na ensilagem da cana-de-açúcar é a produção de CO₂ por leveduras durante a fermentação dos carboidratos a etanol. Segundo McDONALD et al. (1991) a fermentação por leveduras gera perda de 48,9% de MS e 0,2% de energia. A análise conjunta das Tabelas 03 e 04 indicaria que as silagens tratadas com NaOH sem inoculação deveriam apresentar RMS superior às demais silagens não inoculadas. No entanto, este fato não ocorreu, pois estas silagens não diferiram das tratadas apenas com uréia e com benzoato. Uma possível explicação seria a variação dos teores de matéria seca (VMS) (Tabela 04). O cálculo da PG é baseado na diferença de peso do silo, considerando assim a matéria verde ensilada e após a abertura. A produção de efluente é medida pelo aumento do peso do conjunto silo, areia, tela e naylon. Porém essas duas medidas desconsideram a transformação de substratos da forma sólida

para líquida e que não lixiviam até a fundo do silo. A VMS das silagens tratadas apenas com NaOH, não apresentaram diferença estatística em relação as silagens controle e tratadas apenas com uréia, indicando que houve decréscimo acentuado no teor de MS, interferindo assim na RMS.

As determinações dos teores de MS antes da ensilagem (Tabela 05) podem ser consideradas ideais para ensilagem da cana-de-açúcar. As variações observadas entre os teores de MS antes da ensilagem foram resultados do tempo do corte até a confecção do silo. Já após a abertura as diferenças entre os teores de MS das silagens foram provenientes das perdas de MS durante a fermentação. ALLI et al. (1983) avaliando o perfil de fermentação de silagens de cana-de-açúcar tratadas ou não com hidróxido de amônia, observaram redução de 4 e 1 unidades percentuais de MS nas silagens controle e tratadas respectivamente durante 42 dias de fermentação. EVANGELISTA et al. (2003) verificaram redução de 36,0 para 25,3% MS em dez dias de fermentação. Nos dois trabalhos atribui-se a redução da MS ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação. No presente trabalho observa-se que os maiores teores de MS foram encontrados nas silagens que tiveram as maiores RMS. Ressaltando assim, a importância de se avaliar a variação entre os teores de MS antes da ensilagem e após a abertura.

Tabela 05. Teores de matéria seca (MS%) antes da ensilagem e após abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Ensilagem				Abertura			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	35,2 Ab	35,6 Aa	35,1 Aa	35,3 ab	27,4 Bb	28,0 Bd	31,9 Ac	29,1 c
Uréia	35,8 Aab	34,0 Bb	34,6 Ba	34,8 b	29,1 Ba	29,4 Bc	31,2 Ac	29,9 b
Benzoato	35,2 Ab	35,1 Aab	35,5 Aa	35,3 ab	29,4 Ca	30,6 Bb	34,7 Aa	31,6 a
NaOH	36,8 Aa	36,2 Aa	34,9 Ba	35,9 a	29,1 Ca	32,2 Ba	33,5 Ab	31,6 a
Média	35,7 A	35,2 AB	35,0 B	35,3	28,7 C	30,1 B	32,8 A	30,5
CV (%)	1,70				1,49			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Os teores de PB antes da ensilagem (Tabela 06) apresentaram diferença significativa apenas quando a forragem foi tratada com uréia, pois esse é um aditivo com alta concentração de nitrogênio (45%). Após a abertura destaca-se o efeito da inoculação sobre o teor da PB nas silagens tratadas com uréia. Esses resultados mostram a relação inversa entre PB e N-NH₃, pois à medida que o teor de N-NH₃ elevou (Tabela 01), observou-se redução dos teores de PB. Esse fato pode ser atribuído à determinação da PB ser realizada na forragem seca em estufa e essa secagem pode volatilizar o nitrogênio na forma de amônia e também a eficiência de recuperação do nitrogênio aplicado na forma de uréia. HUBER & SANTANA (1971) observaram recuperações do nitrogênio aplicado na ensilagem do milho de 89% nas tratadas com uréia e 79% nas que receberam amônia anidra.

Tabela 06. Teores de proteína bruta (PB%), nitrogênio ligado à fibra em relação ao nitrogênio total (N-FDN%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Ensilagem				Abertura			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
PB (%)								
Controle	1,5	1,4	1,5	1,5 b	1,7 Ab	2,0 Ab	1,7 Ab	1,8 b
Uréia	12,4	12,8	12,6	12,6 a	13,9 Aa	11,1 Ba	8,5 Ca	11,2 a
Benzoato	1,3	1,3	1,5	1,4 b	1,8 Ab	1,9 Ab	1,8 Ab	1,8 b
NaOH	1,4	1,2	1,1	1,3 b	2,0 Ab	1,5 Ab	1,5 Ab	1,7 b
Média	4,2 A	4,2 A	4,2 A	4,2	4,9 A	4,1 B	3,4 C	4,1
CV (%)	8,83				10,12			
N-FDN (% do N total)								
Controle	45,4 Bb	50,0 Bb	55,7 Aa	50,4 b	55,8 Aa	42,4 Bb	35,1 Cb	44,4 b
Uréia	5,3 Ac	8,3 Ac	6,7 Ab	6,8 c	8,7 Ac	10,6 Ad	10,8 Ac	10,0 d
Benzoato	47,3 Bab	47,5 Bb	53,6 Aa	49,5 b	37,5 Ab	31,8 Bc	30,9 Bb	33,4 c
NaOH	51,6 Ba	60,3 Aa	56,2 ABa	56,0 a	58,4 Ba	63,2 Aa	62,3 ABa	61,3 a
Média	37,4 B	41,5 A	43,1 A	40,6	40,1 A	37,0 B	34,8 C	37,3
CV (%)	5,64				5,38			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Pode ser observado que, excetuando as silagens que possivelmente perderam nitrogênio na forma de amônia, o teor de PB foi numericamente maior após a abertura do que antes da ensilagem. Provavelmente, não houve síntese de proteína e sim efeito de concentração dessa fração devido às perdas de açúcares solúveis.

Os teores de nitrogênio ligado à fibra em relação ao nitrogênio total (N-FDN) das silagens tratadas com uréia foram inferiores aos demais aditivos químicos, independente da inoculação, tanto antes da ensilagem como após a abertura. Essa inferioridade foi devida à inclusão nessas silagens de nitrogênio solúvel pela aditivização com uréia, diluindo assim o N-FDN. ROCHA Jr. et al. (2003) encontraram o valor de 5,66% de N-FDN em cana-de-açúcar tratada com 1% de uréia.

Na Tabela 07 estão apresentados os teores de FDN antes da ensilagem e após a abertura dos silos. Na ensilagem, verificou-se diferença estatística entre as inoculações ($P < 0,05$), porém numericamente essas diferenças podem ser consideradas pequenas. No entanto, quando a cana-de-açúcar foi tratada com NaOH, ocorreu redução no teor de FDN em todas as forragens. Resultado semelhante foi observado por PEDROSO (2003) que obteve teor de FDN antes da ensilagem de 57,3% na cana-de-açúcar (controle) e 49,7% quando a forragem foi tratada com 1% de NaOH. O efeito de hidrólise alcalina sobre a fibra ocorre de maneira rápida e se considerar que durante o processo de secagem em estufa essa reação ainda pode estar acontecendo, justifica-se assim a redução da fração FDN. No estudo realizado por PIRES et al. (2004) avaliando doses de NaOH (0, 2,5, 5 e 7,5% da MS) na estocagem durante 1, 3, 5 e 7 dias do bagaço de cana-de-açúcar; não foi constatado efeito de tempo em nenhum constituinte da parede celular, no entanto foi encontrado efeito das doses em todas as variáveis anteriormente citadas; comprovando assim a rápida atuação do hidróxido de sódio.

Após a abertura dos silos verificou-se elevação nos teores de FDN em todas as silagens. Elevações mais pronunciadas foram observadas nas silagens que tiveram as menores RMS, devido ao efeito de concentração pelas perdas de carboidratos não fibrosos (CNF). EVANGELISTA et al. (2003) avaliando o perfil de fermentação na ensilagem da cana-de-açúcar, observaram elevação do teor de FDN de 55,6 para

75,6% decorridos cinquenta dias de fermentação. CASTRO NETO et al. (2003) também constataram elevação dos teores de FDN 55,1 para 72,9% na cana-de-açúcar ensilada sem aditivos. A elevação do teor de FDN durante o processo de ensilagem da cana-de-açúcar parece ser uma constante nos estudos em silos experimentais.

Tabela 07. Teores de fibra em detergente neutro (FDN%), fibra em detergente ácido (FDA%) e lignina (LIG%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Ensilagem				Abertura			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
FDN (%)								
Controle	52,1 Ba	52,3 Bb	55,1 Aa	53,1 a	75,3 Aa	74,3 Aa	66,9 Ba	72,2 a
Uréia	51,9 Ba	55,2 Aa	53,1 Ba	53,4 a	72,2 Ab	70,5 Ab	67,5 Ba	70,1 b
Benzoato	51,7 ABA	50,4 Ba	53,0 Aa	51,7 b	70,4 Ab	69,2 Ab	61,7 Bb	67,1 c
NaOH	47,6 Ab	46,8 Ac	46,0 Ab	46,8 c	59,2 Ac	53,4 Bc	55,7 Bc	56,1 d
Média	50,8 A	51,2 A	51,8 A	51,3	69,3 A	66,8 B	63,0 C	66,4
CV (%)	1,82				1,89			
FDA (%)								
Controle	34,8 Aa	35,6 Aab	35,0 Aa	35,1 a	48,7 Aa	48,2 ABA	45,6 Bb	47,5 a
Uréia	35,2 ABA	36,1 Aa	33,2 Bab	34,8 ab	45,8 ABb	43,7 Bb	46,6 Ab	45,3 b
Benzoato	35,0 Aa	34,4 Aab	31,2 Bbc	33,5 bc	44,7 Bb	47,4 Aa	49,7 Aa	47,3 a
NaOH	35,9 Aa	33,4 Bb	30,0 Cc	33,1 c	41,1 Bc	39,5 Bc	44,3 Ab	41,6 c
Média	35,2 A	34,9 A	32,3 B	34,1	45,1 B	44,7 B	46,5 A	45,4
CV (%)	3,25				2,85			
LIG (%)								
Controle	6,9 Bb	8,7 Aab	7,7 ABb	7,8 ab	8,1 Ba	9,8 Aa	8,2 Ba	8,7 a
Uréia	6,6 Bb	9,4 Aa	10,2 Aa	8,7 a	7,3 Aa	7,3 Ab	8,1 Aa	7,6 bc
Benzoato	9,6 Aa	7,2 Bb	7,1 Bb	8,0 ab	7,8 Aa	7,9 Ab	8,1 Aa	7,9 ab
NaOH	8,0 Aab	7,6 Aab	6,9 Ab	7,5 b	7,1 Aa	6,6 Ab	7,1 Aa	6,9 c
Média	7,8 A	8,2 A	8,0 A	8,0	7,6 A	7,9 A	7,8 A	7,8
CV (%)	11,11				7,90			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Em relação aos teores de FDA (Tabela 07) observou comportamento semelhante aos encontrados na FDN, elevação dos teores em todas às silagens, comparada aos teores antes de ensilar. ALLI et al. (1983) observaram elevação dos teores de FDA na ensilagem da cana-de-açúcar de 28,3 para 37,7% após quarenta e dois dias de fermentação. Pode-se atribuir essa elevação, como à ocorrida nos teores de FDN ao consumo de CNF. Os teores de LIG não elevaram numericamente como os teores de FDN e FDA.

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) (Tabela 08) antes da ensilagem diferiram significativamente em relação aos aditivos químicos nas silagens que foram tratadas com uréia, devido a correção de nitrogênio pelo fator de 6,25, sendo assim houve subestimação desses teores de CNF. Em relação à inoculação houve diferença estatística ($p < 0,05$), porém biologicamente essa diferença pode ser considerada insignificante.

Após a abertura observou-se que as silagens inoculadas com BUCH tiveram os maiores valores de CNF, não diferindo apenas daquelas inoculadas com PROP e tratadas com NaOH. No entanto, pode-se observar também que houve redução numérica dos teores de CNF em todas as silagens após a abertura. ALLI et al. (1983) observaram redução de carboidratos solúveis de 47,0% para 1,02 e 25% nas silagens controle e tratadas com NH_3 após vinte e um dias de fermentação. Neste mesmo trabalho, decorridos sete dias de fermentação nas silagens controle, o teor de carboidratos solúveis já tinha sido reduzido a 3,2%, mostrando que na ensilagem da cana-de-açúcar a intensidade de transformações durante os primeiros dias de ensilagem é alta. Vale ressaltar que a avaliação pelos CNF, deve ser realizada com critérios e não de associada de forma direta aos carboidratos solúveis, pois nos CNF computa-se a presença de outros compostos como ácidos orgânicos.

Tabela 08. Teores de carboidratos não fibrosos (CNF%) e valores de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Ensilagem				Abertura			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
CNF (%)								
Controle	40,0 ABa	41,3 Aa	38,0 Bb	39,8 b	14,9 Bc	17,0 Bc	24,9 Ab	18,9 a
Uréia	29,4 Ab	26,7 Bb	29,0 ABc	28,4 c	5,1 Cd	11,8 Bd	17,6 Ac	11,5 d
Benzoato	42,3 ABa	43,2 Aa	40,0 ABb	41,8 a	21,3 Bb	22,4 Bb	30,3 Aa	24,7 b
NaOH	40,7 Ba	42,6 ABa	43,8 Aa	42,4 a	27,8 Ba	33,8 Aa	31,7 Aa	31,1 a
Média	38,1 A	38,5 A	37,7 A	38,1	17,3 C	21,3 B	26,1 A	21,5
CV (%)	3,20				6,46			
DVIVMS (%)								
Controle	52,6 Bb	57,8 Ab	52,7 Bc	54,4 b	35,1 Bc	34,6 Bc	48,4 Ac	39,4 d
Uréia	53,2 Bb	52,8 Bc	57,4 Ab	54,5 b	37,7 Bbc	45,0 Ab	45,8 Ac	42,8 c
Benzoato	55,8 Ab	57,6 Ab	56,6 Abc	56,7 b	39,7 Cb	45,0 Bb	52,3 Ab	45,7 b
NaOH	66,2 Aa	68,7 Aa	69,9 Aa	68,2 a	59,6 Ba	60,3 ABa	63,2 Aa	61,1 a
Média	57,0 B	59,2 A	59,1 A	58,4	43,0 C	46,2 B	52,4 A	47,2
CV (%)	3,25				3,22			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Na Tabela 08, pode-se observar os valores da digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) antes da ensilagem. Verifica-se que as silagens tratadas com NaOH independente da inoculação tiveram os maiores valores de DVIVMS, pois como já foi relatado para a FDN, provavelmente ocorreu hidrólise alcalina durante o processo de secagem. PIRES et al. (2004) não observaram efeito do tempo de estocagem (1, 3, 5 e 7 dias) sobre a digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com doses de NaOH, sendo que todas as doses elevaram a digestibilidade *in vitro*. Após a abertura observou-se redução numérica em todos os valores de DVIVMS, pois durante a ensilagem ocorreu aumento dos teores de FDN e redução dos CNF. Fato semelhante foi constatado por CASTRO NETO et al. (2003) que observaram redução da digestibilidade da cana-de-açúcar após a ensilagem em todos os tratamentos

utilizados. Observa-se também, que as silagens que apresentaram os maiores valores de DVIVMS, foram as que tiveram os maiores teores de CNF e os menores de FDN após a abertura. A cana-de-açúcar possui duas frações predominantes em sua constituição, CNF e FDN, que representam cerca de 90% da constituição dessa forragem. A fração FDN é caracterizada por baixa digestibilidade e a fração CNF por apresentar alta digestibilidade. CORRÊA et al. (2003) avaliaram a digestibilidade *in vivo* de rações contendo cana-de-açúcar em vacas com produção média de 31,9 kg de leite/dia e observaram a digestibilidade da FDN da ração de 23,1%.

Durante a ensilagem da cana-de-açúcar observa-se atividade expressiva de leveduras (ALLI et al., 1983 e PEDROSO, 2003). Essas leveduras consomem açúcares solúveis, promovendo redução da MS e da DVIVMS. No entanto, a avaliação simplista dos teores das variáveis químico-bromatológicas sem as devidas correções das perdas quantitativas pode subestimar a verdadeira extensão das perdas qualitativas. Pode-se observar na Tabela 09, que as silagens tratadas com BUCH em relação à inoculação e as tratadas com NaOH em relação aos aditivos químicos apresentaram as maiores recuperações da MSDV, observando-se ainda efeito sinérgico entre BUCH e NaOH. Maiores recuperações de MSDV significam manutenção do valor nutritivo da silagem em relação à forragem original.

Tabela 09. Recuperações dos carboidratos não fibrosos (Rec CNF) e da matéria seca digestível verdadeira (Rec MSDV), expressas em percentagem da fração ensilada, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Rec CNF (%)				Rec MSDV (%)			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	25,2 Bc	27,2 Bc	53,1 Ab	35,2 c	45,0 Bc	39,8 Bc	74,3 Ab	53,0 d
Uréia	12,6 Cd	33,3 Bbc	48,4 Ab	31,4 c	51,6 Bb	64,0 Ab	63,7 Ac	59,8 c
Benzoato	37,7 Bb	38,9 Bb	66,1 Aa	47,6 b	53,2 Bb	58,5 Bb	80,6 Aab	64,1 b
NaOH	52,0 Ba	68,6 Aa	67,7 Aa	62,8 a	68,5 Ca	76,0 Ba	84,8 Aa	76,4 a
Média	31,9 C	42,0 B	58,8 A	44,2	54,6 C	59,6 B	75,9 A	63,3
CV (%)				7,22				4,59

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ 1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

3.2 Fase em aerobiose

Após a abertura dos silos e com a exposição da massa ensilada aos efeitos do oxigênio presente no ambiente, um novo quadro de alterações microbiológicas, químicas e oxidativas se instala. Alguns produtos da fermentação agora passam a ser substrato; microrganismos outrora latentes podem começar a se desenvolver.

Na Tabela 10 pode-se observar que independente do aditivo químico as silagens inoculadas com BUCH mantiveram os menores valores de pH, seguidas das silagens tratadas com PROP, sendo que as silagens do grupo controle apresentaram os maiores valores de pH. Em relação aos aditivos químicos, independente da inoculação, os menores valores foram observados nas silagens tratadas com benzoato e os maiores nas silagens tratadas com uréia. Além do valor absoluto do pH faz-se necessário à avaliação da variação do pH, pois a interpretação simplista dos valores de pH após a exposição aeróbia pode inferir em considerações errôneas. Para tanto na Tabela 10 encontram-se apresentados os valores da variação do pH (VpH), diferença entre o pH após cinco dias de exposição aeróbia e o pH após a abertura. Nesse sentido, as silagens tratadas com NaOH que na avaliação apenas dos valores de pH tiveram média geral de 5,9, valor superior estatisticamente às silagens controle (4,6), seriam prejudicadas visto que na avaliação da VpH não houve diferença estatística entre as médias, pois o pH após a abertura das silagens tratadas com NaOH foi superior aos demais tratamentos (Tabela 02).

As menores VpH foram observadas nas silagens tratadas com benzoato. Esse aditivo segundo WOOFORD (1975) tem efeito inibitório sobre o metabolismo de leveduras. WARTH (1988) avaliou o efeito do benzoato sobre o metabolismo de várias espécies de leveduras e constatou que o efeito desse aditivo é diferenciado conforme a espécie, conseqüentemente pode-se inferir que as espécies que atuam durante a exposição aeróbia foram mais sensíveis ao benzoato que as espécies fermentativas. Outro aditivo que foi eficiente em controlar a variação do pH foi o BUCH. O *L. buchneri* vêm sendo amplamente pesquisado nos Estados Unidos e na Europa como microrganismo controlador da instabilidade aeróbia (RANJIT & KUNG Jr., 2000, DRIEHUIS et al., 2001, FYLIA, 2003). No Brasil trabalho pioneiro avaliando o efeito

desse microrganismo na ensilagem da cana-de-açúcar foi desenvolvido por PEDROSO (2003) que obteve melhora na estabilidade aeróbia quando utilizou o *L. buchneri* em relação às silagens controle, as tratadas com uréia, sorbato de potássio ou inoculadas com bactérias ácido láctico. O *L. buchneri* como já foi relatado, têm efeito inibitório sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos, devido à produção de ácido acético (RANJIT & KUNG Jr., 2000). Esse efeito pode ser constatado no presente estudo pela manutenção do pH, que seria elevado se houvesse consumo de ácido láctico por leveduras e mofos.

Tabela 10. Valores de pH após cinco dias de exposição aeróbia e variação do pH, calculada como a diferença em modulo do pH após aeração menos o valor do pH após a abertura dos silos em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	pH				Variação do pH			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	6,1 Ab	3,9 Bb	3,7 Bb	4,6 c	2,4 Ab	0,4 Bc	0,2 Bb	1,0 b
Uréia	8,4 Aa	6,8 Ba	4,8 Ca	6,7 a	4,2 Aa	2,5 Ba	0,2 Cb	2,3 a
Benzoato	3,7 Ac	3,6 Ab	3,6 Ab	3,6 d	0,1 Ad	0,1 Ac	0,1 Ab	0,1 c
NaOH	6,0 Ab	6,2 Aa	5,6 Aa	5,9 b	1,3 Ac	1,6 Ab	1,1 Aa	1,3 b
Média	6,0 A	5,1 B	4,4 C	5,2	2,0 A	1,1 B	0,4 C	1,2
CV (%)				6,60				28,37

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Na Tabela 11 encontram-se os teores de MS após cinco dias de exposição aeróbia. Não houve diferença estatística (P>0,05) entre os aditivos químicos, já em relação à inoculação foi constatada diferença entre os inoculantes (PROP e BUCH) e as silagens controle. A elevação dos teores de MS durante a exposição aeróbia ocorre devido à perda de água para o ambiente.

Tabela 11. Teores de matéria seca (MS%) e recuperação da matéria seca (RMS), expressa em porcentagem da matéria seca na abertura dos silos, após cinco dias de exposição aeróbia, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	MS (%)				RMS (%)			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	39,3	37,6	37,1	38,0 a	96,2 Aa	97,4 Aa	92,7 Aab	95,4 a
Uréia	44,4	36,6	36,1	39,0 a	90,8 Ba	93,6 ABab	97,0 Aa	93,8 ab
Benzoato	40,4	38,4	41,6	40,1 a	95,0 Aa	96,8 Aa	94,2 Aa	95,3 a
NaOH	44,4	35,5	36,6	38,8 a	93,9 Aa	89,8 Ab	90,9 Ab	91,5 b
Média	42,1 A	37,0 B	37,8 B	39,0	94,0 A	94,4 A	93,7 A	94,0
CV (%)				9,08				2,65

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

¹ 1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

A recuperação de MS após cinco dias de exposição aeróbia não diferiu estatisticamente ($P > 0,05$) em função da inoculação, independente do aditivo químico. Já em relação aos aditivos químicos, maiores recuperações de MS foram observadas nas silagens controle e naquelas tratadas com benzoato. Destaca-se ainda a recuperação de MS das silagens inoculadas apenas com PROP sem aditivo químico (97,4%). Ao observar juntamente os dados das Tabelas 09 e 11, vê-se que as silagens inoculadas apenas com PROP foram as que apresentaram a menor recuperação da matéria seca digestível verdadeira, com isso pode-se inferir que provavelmente essas silagens passaram por intenso processo de fermentação alcoólica, transformando-se assim em silagens com baixo nível de substrato para atuação microbiana durante a exposição aeróbia.

No entanto, a ação conjunta dos aditivos benzoato de sódio e BUCH propiciaram silagens com destacado desempenho durante a fase fermentativa e também durante a exposição aeróbia. O importante é avaliar quais e quanto dos produtos da fermentação estão contidos na silagem no momento da abertura. RANJIT & KUNG Jr. (2000) avaliando silagens de milho tratadas com *L. buchneri*, constataram que essas silagens tiveram bom padrão fermentativo e também foram consideradas bastante estáveis em

aerobiose, esse fato segundo os autores foi decorrência da produção de ácido acético pelo *L. buchneri*, sendo que esse efeito foi capaz de reduzir as perdas de MS, o consumo de ácido lático e manter o pH das silagens durante a exposição aeróbia.

Os valores de estabilidade aeróbia em horas das silagens de cana-de-açúcar estão apresentados na Tabela 12. Observa-se que não houve diferença estatística entre os aditivos químicos, porém as silagens inoculadas com PROP e BUCH foram superiores as silagens controle. O inoculante PROP apresenta em sua constituição a bactéria *Propionibacterium acidipropionici* e o *Lactobacillus plantarum*. Segundo DAWSON et al. (1998) a inclusão do *P. acidipropionici* foi eficiente em elevar a estabilidade aeróbia (h) de silagens de grãos úmidos de milho, além de diminuir as populações de leveduras, mofos e bactérias aeróbias, durante cinco dias de exposição ao ar. No estudo de FYLIA et al. (2004) avaliando a inoculação de *P. acidipropionici*, *L. plantarum* e sua associação na ensilagem de milho, sorgo e trigo, os autores concluíram que o *P. acidipropionici* foi eficiente em controlar as populações de leveduras e mofos e a produção de CO₂ durante a exposição aeróbia, no entanto a associação dos dois microrganismos não apresentou resultados significativamente diferentes das silagens controle. Ambos os trabalhos atribuem o efeito do *P. acidipropionici* sobre a estabilidade em aerobiose das silagens ao fato desse microrganismo ser produtor de ácido propiônico que segundo MOON (1983), têm efeito inibitório sobre o metabolismo de leveduras, diminuindo a ação das leveduras; que são os principais microrganismos deterioradores das silagens quando em exposição aeróbia (McDONALD et al., 1991).

Em relação ao *L. buchneri* como já foi comentado, ele vêm sendo amplamente estudado como microrganismo promotor de elevação da estabilidade do pós-abertura. Em todos os trabalhos analisados existe consenso sobre a inibição de leveduras e mofos pela ação do ácido acético e 1,2 propanodiol produzidos pelo *L. buchneri* (OUDE ELFERINK, 2001). Os fungos (Leveduras e mofos) são os principais microrganismos responsáveis pela elevação da temperatura da silagem no pós-abertura.

Tabela 12. Estabilidade aeróbia (h) e teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total na matéria seca (N-NH₃) após cinco dias de exposição aeróbia, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Estabilidade aeróbia (h)				N-NH ₃ (%)			
	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
Controle	32,0	60,0	60,0	50,7 a	4,2 Ab	2,6 Ab	2,8 Ab	3,2 b
Uréia	40,0	60,0	48,0	49,3 a	26,0 Ca	37,2 Ba	59,2 Aa	40,8 a
Benzoato	40,0	48,0	60,0	49,3 a	2,7 Ab	2,8 Ab	3,0 Ab	2,8 b
NaOH	24,0	32,0	48,0	34,7 a	2,1 Ab	3,1 Ab	2,5 Ab	2,6 b
Média	34,0 B	50,0 A	54,0 A	46,0	8,8 B	11,4 B	16,9 A	12,4
CV (%)	29,49				27,45			

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ 1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Os teores de N-NH₃ mantiveram comportamentos numérico e estatístico semelhante ao observado nas silagens após a abertura. De maneira geral, houve redução nos teores quando comparados as silagens após a abertura, provavelmente devido à volatilização da amônia, quando as silagens foram expostas à aerobiose. Vale ressaltar ainda, o possível efeito inibitório da amônia sobre as leveduras e mofos (WOOFORD, 1984), principalmente nas silagens tratadas com uréia e inoculadas com BUCH, pois reduziu a variação do pH (0,2 unidades) e elevou a Rec MS (97,0%) durante a exposição aeróbia.

Os teores de PB, nas silagens que não foram tratadas com uréia sofreram aumento em relação aos valores observados após a abertura (Tabelas 06 e 13). Esses aumentos podem ser conseqüência das perdas de matéria seca ocorridas durante a exposição aeróbia. Segundo PITT et al. (1991) os carboidratos solúveis e o ácido láctico são os principais substratos consumidos nessa fase; conseqüentemente houve concentração dos teores de PB e não síntese dessa fração no pós-abertura. Já nas silagens que foram tratadas com uréia ocorreram reduções dos teores de PB, comparado às silagens após a abertura (Tabelas 06 e 13).

Tabela 13. Teores de proteína bruta (PB%), nitrogênio ligado à fibra em detergente neutro em relação ao nitrogênio total (N-FDN), fibra em detergente neutro (FDN%), fibra em detergente ácido (FDA%), lignina (LIG%) e valores de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS%) após cinco dias de exposição aeróbia, em função da associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos ¹	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média	Controle	PROP ²	BUCH ³	Média
		PB (%)				N-FDN (% do N total)		
Controle	3,4 Ab	2,8 Ab	2,7 Ab	3,0 b	29,8 ABb	33,5 Ab	24,8 Bb	29,4 b
Uréia	8,8 Ba	9,9 Aa	8,1 Ba	8,9 a	17,1 Ac	15,8 Ad	12,3 Bc	15,1d
Benzoato	2,7 Ab	3,0 Ab	2,6 Ab	2,8 bc	27,4 Ab	26,0 Ac	22,7 Ab	25,3 c
NaOH	2,9 Ab	2,2 Ab	2,1 Ab	2,4 c	35,8 Ba	45,0 Aa	46,7 Aa	42,5 a
Média	4,4 A	4,5 A	3,9 B	4,3	27,5 AB	30,1 A	26,6 B	28,1
CV (%)				9,43				9,30
	FDN (%)				FDA (%)			
Controle	81,3	80,3	68,5	76,7 a	67,8 Aa	66,9 Aa	55,9 Ba	63,5 a
Uréia	80,0	77,1	69,4	75,5 ab	62,5 Ab	62,1 Ab	56,4 Ba	60,3 b
Benzoato	71,4	70,1	64,1	68,5 b	61,2 Ab	58,7 Ab	45,7 Bb	55,2 c
NaOH	61,6	58,7	58,9	59,8 c	52,7 Ac	50,6 Ac	43,5 Bb	49,0 d
Média	73,6 A	71,5 AB	65,2 B	70,1	61,0 A	59,6 A	50,4 B	57,0
CV (%)				7,99				3,26
	LIG (%)				DVIVMS (%)			
Controle	13,1	12,0	10,3	11,8 a	33,7 Cc	37,9 Bc	48,2 Ab	39,9 C
Uréia	11,7	10,5	9,9	10,7 b	41,0 Ab	40,9 Abc	43,6 Ac	41,8 C
Benzoato	9,8	10,2	7,4	9,1 c	43,9 Bb	43,3 Bb	48,3 Ab	45,2 B
NaOH	8,8	8,0	7,3	8,0 d	60,6 Ba	65,0 Aa	63,0 ABa	62,9 A
Média	10,8 A	10,2 A	8,7 B	9,9	44,8 C	46,8 B	50,8 A	47,4
CV (%)				7,65				3,51

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹1,5% de uréia; 0,1% de benzoato de sódio e 1% de hidróxido de sódio em relação à matéria verde.

² *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*; ³ *Lactobacillus buchneri*

Na Tabela 13 encontram-se os teores de N-FDN, a análise conjunta das Tabelas 06 e 13, mostram que nas silagens, que não foram tratadas com uréia ocorreu redução nos teores do N-FDN e nas tratadas com uréia houve elevação nestes teores. Esse efeito provavelmente está associado às alterações nos teores de PB, pois o N-FDN é

apresentado como porcentagem do nitrogênio total. Outra possível explicação para redução nos teores de N-FDN foi exposta por BERNARDES (2003) que observou consumo da fração B3 durante a exposição aeróbia de silagens de capim-Marandu, segundo esse mesmo autor a fração B3 pode ser utilizada como substrato pelos microrganismos deterioradores.

Os teores de FDN, FDA e LIG apresentaram a mesma tendência de alterações numéricas com a exposição aeróbia (Tabelas 07 e 13). De maneira geral, as silagens apresentaram acréscimo numérico nestes parâmetros após a exposição aeróbia. Durante o processo de exposição aeróbia pode ocorrer redução de carboidratos solúveis residuais e ácido láctico (RANJIT & KUNG Jr., 2000), propiciando assim incrementos percentuais nos teores nas frações relacionadas à fibra (FDN, FDA e LIG).

Com relação aos valores da DVIVMS, observou-se aumento de até 4,2 unidades percentuais (silagens tratadas somente com benzoato) e redução de até 4,0 unidades percentuais (silagens tratadas com benzoato e inoculadas com BUCH). As variações nos teores de hemicelulose, que podem ser calculadas como a diferença da FDN e da FDA após a exposição aeróbia menos o teor de hemicelulose após a abertura, deram os seguintes resultados nesses tratamentos, -15,6 e 6,4 unidades percentuais nas silagens tratadas somente com benzoato e nas silagens tratadas com benzoato e inoculadas com BUCH, respectivamente. Provavelmente ocorreu degradação e conseqüente solubilização da hemicelulose nas silagens tratadas somente com benzoato, elevando assim a DVIVMS dessas silagens. Já nas silagens tratadas com benzoato e inoculadas com BUCH esse fato não foi constatado, conseqüentemente ocorreu redução da DVIVMS, como era esperado que ocorresse em todas as silagens, pois no processo de deterioração aeróbia ocorre consumo de frações digestíveis pelos microrganismos, acarretando em redução da digestibilidade e do conteúdo de energia (JOBIM & GONÇALVES, 2003).

4. Conclusões

A ensilagem da cana-de-açúcar requer de forma contundente a inclusão de algum aditivo, sendo que o princípio de atuação desse, deve estar fundamentado no controle das perdas quantitativas e qualitativas durante a fermentação, além do controle das alterações no pós-abertura.

A inoculação da cana-de-açúcar com *L. buchneri* ou seu tratamento com NaOH, bem como a associação desses tratamentos minimizaram as perdas quantitativas e qualitativas durante a fermentação, de forma complementar.

A estabilidade das silagens durante a exposição aeróbia foi elevada pela inclusão do benzoato de sódio, inoculação com *L. buchneri* e pela associação desses dois aditivos.

CAPÍTULO 3 - INFLUÊNCIA DA QUEIMA E DE ADITIVOS QUÍMICOS E BACTERIANOS NA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.)

RESUMO – Apesar da cana-de-açúcar apresentar baixos riscos agrônômicos; o fogo acidental representa alto risco, pois inviabiliza a manutenção do canavial na forma de capineira para ser utilizado no período de escassez de forragem. Objetivou-se avaliar o efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos (uréia, benzoato de sódio e hidróxido de sódio) e inoculantes microbiológicos (*Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus buchneri*) na ensilagem da cana-de-açúcar, utilizando o esquema fatorial 2 (cana-de-açúcar crua e queimada) x 6 (cinco aditivos mais o grupo controle). Determinaram-se as perdas ocorridas durante o processo fermentativo nas formas de gases e de efluentes. A recuperação da matéria seca foi determinada na fermentação e no pós-abertura. Avaliou-se o valor nutritivo da forragem antes de ensilar, após a abertura dos silos e após cinco dias de aerobiose. Maiores recuperações da matéria seca digestível verdadeira, 83,6 e 79,8% foram observadas nas silagens de cana-de-açúcar queimada e tratadas com NaOH ou com *L.buchneri*, respectivamente. A ensilagem da cana-de-açúcar sem aditivos, crua ou queimada é uma estratégia que apresenta grandes perdas quantitativas e qualitativas, que devem ser evitadas pelos produtores. Os aditivos NaOH e *L. buchneri* foram os mais eficientes em controlar as perdas durante o processo fermentativo da ensilagem da cana-de-açúcar crua ou queimada. No pós-abertura destacaram-se como redutores de instabilidade os aditivos benzoato de sódio e o *L. buchneri*.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia, fermentação, inoculantes, perdas, silagem

1. Introdução

Apesar da cana-de-açúcar apresentar baixos riscos agrônômicos, quando comparada à cultura do milho, que possui maiores exigências em relação aos índices edafoclimáticos e fertilidade de solo; o fogo acidental representa alto risco, pois inviabiliza a manutenção do canavial na forma de capineira para ser utilizado no período de escassez de forragem, após sua queima.

Além do risco de fogo e queima por geadas, várias são as justificativas para se ensilar a cana-de-açúcar, como: dificuldade logística de se estabelecer o corte diário, utilização na época das águas, facilidade operacional da propriedade, evitar sobra de um ano para outro “cana bisada” entre outros (NUSSIO et al., 2003b). A ensilagem da cana-de-açúcar apresenta-se como forma preventiva, ou mesmo, curativa no caso de incêndios acidentais.

Nesse sentido, BERNARDES et al. (2002) avaliaram a ensilagem da cana-de-açúcar crua e queimada sem aditivos e aditivadas com doses de 5 e 10% de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS) em relação à matéria verde. Os autores observaram elevação no teor de etanol e na população de leveduras nas silagens que passaram pelo processo de queima. Atribui-se a elevação desses parâmetros a possível re-contaminação por leveduras devido a exudação do colmo após o processo de queima.

Na década de 70 vários autores realizaram pesquisas com uso de aditivos químicos na ensilagem da cana-de-açúcar, objetivando melhorar o perfil de fermentação e controlar a população de leveduras (NUSSIO et al., 2003b). Recentemente, alguns aditivos voltaram a serem utilizados em pesquisas no Brasil, mostrando a retomada do interesse da comunidade científica pela pesquisa com silagem de cana-de-açúcar. 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 da cana-de-açúcar vêm crescendo ano a ano, pela avaliação do número de trabalhos publicados na Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.

A utilização de aditivos químicos ou bacterianos visa o controle de leveduras durante o período fermentativo das silagens. LÄTTEMÄE & LINGVALL (1996) avaliaram o efeito do benzoato de sódio na fermentação de silagens de gramíneas (azevém perene e festuca) os autores observaram redução da população de leveduras quando adicionou-se benzoato de sódio na ensilagem.

O uso da uréia na ensilagem da cana-de-açúcar foi estudado por LIMA et al. (2002), ANDRADE e FERRARI Jr. (2003), PEDROSO (2003) e SCHMIDT et al. (2004b), não foi observada tendência definida da utilização desse aditivo, quanto à redução de perdas ocasionadas por leveduras. PEDROSO (2003) observou redução das perdas de matéria seca de 18,2% (controle) até 6,56% nas silagens com 1,5% de uréia. No entanto, não houve efeito sobre o teor de etanol das silagens. Já no estudo de SCHMIDT et al. (2004b) usando a dose de 0,5% de uréia comparada à silagem controle, não foi verificado diferença estatística em relação às perdas de matéria seca, sendo os resultados encontrados de 31,6 e 30,2% nas silagens controle e tratadas com 0,5% de uréia, respectivamente.

TETLOW & MASON (1987) utilizaram o hidróxido de sódio na ensilagem de culturas graníferas (centeio, cevada e trigo) observou-se redução na produção de etanol em todas as silagens. Também foram constatadas redução do teor de fibra em detergente neutro e elevação da digestibilidade. Na ensilagem da cana-de-açúcar a utilização do hidróxido de sódio foi avaliada por CASTRILLÓN et al. (1978), os autores observaram redução do etanol de 5,1 para 0,85% e aumento do ácido láctico de 2,1 para 10,2% quando procedeu-se ao tratamento da cana-de-açúcar com 4% de NaOH na matéria seca.

A utilização de inoculantes bacterianos sempre foi baseada em microrganismos homoláticos, buscando rápida redução do pH e alta produção de ácido láctico (COSTA et al. 2001). No entanto, problemas relacionados à estabilidade aeróbia geraram buscas por microrganismos com características distintas daquelas antes desejadas (FILYA et al., 2004).

Neste cenário, o *Lactobacillus buchneri* começou a ser utilizado por pesquisadores dos EUA e da Europa a partir do final dos anos 90. O intuito de sua

utilização foi o controle da instabilidade aeróbia causada por leveduras e fungos em silagens de alto valor nutritivo (WEINBERG & MUCK, 1996). WEINBERG et al. (2002) avaliando silagens de trigo, observaram elevação no teor de ácido acético, redução no teor de ácido láctico, sendo que esses acontecimentos reduziram a população de leveduras de 3,7 (silagem controle) para <2,0 log ufc/g de matéria seca de silagem. Nesse sentido, pesquisa pioneira na utilização do *L. buchneri* na ensilagem da cana-de-açúcar foi desenvolvida por PEDROSO (2003). Neste estudo o autor observou redução nas perdas por gases e melhores recuperações de matéria seca.

Outro microrganismo que vem sendo estudado com finalidade semelhante ao *L. buchneri* é o gênero *Propionibacterium* que têm como característica a produção de ácido propiônico. FILYA et al. (2004) avaliaram a inoculação do *P. acidipropionici*, *L. plantarum* e a associação dos dois microrganismos na ensilagem de trigo, sorgo e milho. A concentração de ácido propiônico foi superior em todas as silagens inoculadas apenas com *P. acidipropionici* e a população de leveduras foi reduzida da faixa de 5,5 a 5,8 para <2,0 log ufc/g de silagem e a população de mofos de 4,1 a 5,0 também para <2,0 log ufc/g de silagem.

No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos (uréia, benzoato de sódio e hidróxido de sódio) e inoculantes microbiológicos (*Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus buchneri*) na ensilagem da cana-de-açúcar.

2. Material e Métodos

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizada foi o cultivar SP70-1143, proveniente da Usina Andrade Açúcar e Álcool, localizada no município de Pitangueiras, distrito de Ibitiúva-SP. A cultura foi adubada com 400 kg/ha do formulado 20-05-20, após o terceiro corte e o controle de invasoras foi realizado com o herbicida Platô. A colheita manual procedeu-se no mês de Outubro de 2003, quando a cana-de-açúcar apresentava-se apta para o quarto corte, com produção de 80 t MV/ha aos 15 meses de crescimento vegetativo e com 16% de pol (sacarose -% da cana-de-açúcar).

O cultivar SP70-1143, segundo TORRES & COSTA (2001) apresenta baixa exigência em fertilidade do solo e está apta para o corte, nos meses de Maio a Julho. O corte realizado em Outubro representando a cana-de-açúcar que possivelmente se tornaria “cana bisada”, devido ao início do período de chuva.

2.1 Tratamentos

A forragem foi transportada até as dependências Unesp-Jaboticabal, no dia posterior ao corte a cana-de-açúcar foi queimada e processada em picadora estacionária em partículas de 1 a 3 cm. A queima foi realizada após o corte da cana-de-açúcar, sendo essa colocada em forma de pilhas.

Utilizou-se como tratamentos dois inoculantes microbiológicos, três aditivos químicos mais o grupo controle em um esquema fatorial 2 x 6, num total de 12 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos descritos abaixo:

- 1) Cana crua sem aditivo,
- 2) Cana crua com 0,1% de benzoato de sódio,
- 3) Cana crua com 1,5% de uréia,
- 4) Cana crua com 1% de hidróxido de sódio,
- 5) Cana crua com *P. acidipropionici* + *L.plantarum*,
- 6) Cana crua com *L. buchneri*,
- 7) Cana queimada sem aditivo,
- 8) Cana queimada com 0,1% de benzoato de sódio,
- 9) Cana queimada com 1,5% de uréia,
- 10) Cana queimada com 1% de hidróxido de sódio,
- 11) Cana queimada com *P. acidipropionici* + *L.plantarum*,
- 12) Cana queimada com *L. buchneri*,

Os microrganismos *Propionibacterium acidipropionici* (Cepa MS 01) e *Lactobacillus plantarum* (Cepa MA 18/50) utilizados são encontrados no inoculante comercial Propiolact® (PROP), o microrganismo *Lactobacillus buchneri* (Cepa NCIMB 40788) é encontrado no inoculante comercial LalsilCana® (BUCH). Os inoculantes

bacterianos foram aplicados conforme recomendações dos fabricantes observando as doses e diluições. A aplicação dos aditivos químicos foi calculada com base na matéria natural da forragem. A uréia foi diluída em água e aplicada em solução de 35 L/t de forragem, o benzoato de sódio foi aplicado através de solução de 15L/t e o hidróxido de sódio (NaOH) foi utilizado em solução de 33,3%.

2.2 Ensilagem e determinação das perdas

Como silos experimentais foram utilizados canos de PVC de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, tendo tampas com válvulas de “Bunsen” para permitir o escape do gás e no fundo dos silos foi colocado 1,2 kg de areia seca, separada da forragem por uma tela e um tecido de náilon, para quantificação do efluente produzido.

A ensilagem foi realizada com auxílio de bastões de ferro, objetivando alcançar a densidade de 650 kg de forragem/m³. Foi determinado o volume de cada silo experimental, descontando-se o espaço ocupado pela areia e pesou-se a quantidade de forragem necessária para obter a densidade desejada. Após a compactação da forragem os silos foram vedados com fita adesiva, pesados e armazenados à temperatura ambiente.

Decorridos 60 dias de fermentação os silos foram novamente pesados, para determinação das perdas por gás e abertos. Após a retirada da silagem o conjunto silo, areia, tela e tecido de náilon foram pesados para quantificação do efluente produzido.

A determinação da perda por gases foi calculada pela seguinte fórmula:

$PG = (PSI - PSF) / MSI * 100$, sendo:

PG: produção de gases (% da MS),

PSI: peso do silo no momento da ensilagem (kg),

PSF: peso do silo no momento da abertura (kg),

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) *% matéria seca)

A determinação da produção de efluente foi calculada pela equação:

$PE = (PSAF - PSAI) / MNI * 1000$, sendo:

PE: produção de efluente (Kg / t de Matéria verde),

PSAF: peso do conjunto silo, areia, tela e náilon após a abertura (kg),

PSAI: peso do conjunto silo, areia, tela e náilon antes da ensilagem (kg),

MNI: quantidade de forragem ensilada (kg).

2.3 Amostragens e análise químico-bromatológicas:

Antes da ensilagem e após a aplicação dos referidos inoculantes e/ou aditivos a forragem foi amostrada três vezes para cada tratamento. Sendo que de cada amostra foi fragmentada ainda em duas sub-amostras. Uma sub-amostra foi destinada à quantificação da capacidade tampão (CT) segundo metodologia descrita por PLAYNE & McDONALD (1966) e do pH segundo SILVA & QUEIROZ (2002), a outra sub-amostra foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

Na abertura após homogeneização da silagem, retirou-se duas amostras de cada silo. Uma das amostras coletadas foi preparada segundo a metodologia descrita por KUNG Jr. et al. (1984) para determinação do pH com o uso do potenciômetro (SILVA & QUEIROZ, 2002) e nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃), conforme PRESTON (1986). A outra amostra foi pesada e levada para estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas.

As amostras que foram levadas para estufa, colhidas antes da ensilagem e após a abertura dos silos, foram novamente pesadas, moídas em moinho de faca até o tamanho das partículas atingirem menos de 1 mm e armazenadas em potes de plástico.

Determinou-se os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), nitrogênio ligado a fibra em detergente neutro (N-FDN) e extrato etéreo (EE) segundo os métodos descritos por SILVA e QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por VAN

SOEST (1991). Para determinação da celulose foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994), enquanto os teores de lignina foram calculados por diferença entre FDA e celulose. O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado pela expressão (CNF = 100 – (FDN + MM + PB + EE)). A digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca foi determinada pelo método de Tilley & Terry (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Determinou-se também a variação dos teores de matéria seca (VMS), sendo calculada como a diferença da percentagem da matéria seca no momento da ensilagem e da % MS na abertura, expressada em módulo.

2.4 Recuperação das frações

Determinou-se as recuperações dos CNF e da matéria seca digestível verdadeira, pela equação descrita abaixo:

Rec = (MSF *%Ff) / (MSI *%Fi) * 100, sendo:

Rec: recuperação da fração X (% da fração X),

MSF: matéria seca no momento da abertura (quantidade de forragem (kg) *% matéria seca),

%Ff: percentagem da fração X, no momento da abertura,

MSI: matéria seca ensilada (quantidade de forragem (kg) *% matéria seca),

% Fi: porcentagem da fração X, no momento da ensilagem.

Para a determinação da recuperação da matéria seca utilizou-se:

Rec = MSF/MSI*100

2.5 Avaliações no pós-abertura

Após a abertura dos silos uma parte da amostra foi colocada em baldes plásticos e estes foram pesados e armazenados em câmara climática a temperatura de 25 ± 1°C, para avaliação da estabilidade aeróbia. As temperaturas das silagens no pós-abertura

foram obtidas a cada 12 horas durante 5 dias por meio de um termômetro inserido dentro da massa de silagem contida nos baldes. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto em horas, para a massa de forragem elevar em 1°C a temperatura acima daquela do ambiente (DRIEHUIS et al. 2001).

Decorridos cinco dias de exposição aeróbia os baldes com as amostras foram novamente pesados para determinação da recuperação da matéria seca (semelhante ao realizado na fermentação) e as silagens foram amostras para realização das mesmas análises que foram realizadas nas amostras de silagem após a abertura.

2.6 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 6), com três repetições. Sendo os fatores: queima (cana-de-açúcar crua, cana-de-açúcar queimada) e aditivos (controle, benzoato de sódio, uréia, hidróxido de sódio, *P. acidipropionici* + *L. plantarum* e *L. buchneri*).

Os dados foram analisados estatisticamente pelos procedimentos da análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%, utilizando o programa de Análise Estatística ESTAT, desenvolvido pelo Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP.

3. Resultados e Discussão

3.1 Fase em anaerobiose

A capacidade tampão (CT) das forragens antes da ensilagem foi alterado pelo efeito da queima, excetuando-se as forragens tratadas com uréia. Em relação aos aditivos, maiores valores foram observados na cana-de-açúcar tratada com NaOH (Tabela 01). BERNARDES et al. (2002) observaram redução na CT da cana-de-açúcar sem aditivo após a queima de 9,2 para 3,8 e.mg /100g de MS. A CT da forragem é influenciado pela presença de ânions (sais de ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), sendo a fração protéica responsável por 20% da CT (McDONALD et al., 1991).

Tabela 01. Valores de capacidade tampão (CT) em e.mg de HCl/100g da forragem na matéria seca e teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total na matéria seca (N-NH₃) das silagens, em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	CT (e. mg de HCl/100 g de MS)			N-NH ₃ (% do N total)		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	7,0 Ab	4,5 Bb	5,7 b	2,9 Ab	4,0 Ab	3,4 b
Benzoato (0,1%)	7,4 Ab	4,7 Bb	6,0 b	4,6 Ab	4,0 Ab	4,3 b
Uréia (1,5%)	6,2 Ab	4,9 Ab	5,5 b	14,7 Aa	7,0 Ba	10,8 a
NaOH (1,0%)	35,5 Aa	24,4 Ba	30,0 a	3,3 Ab	3,9 Ab	3,6 b
PROP ¹	5,6 Ab	3,4 Bb	4,5 b	4,0 Ab	2,4 Ab	3,2 b
BUCH ²	6,2 Ab	3,1 Bb	4,6 b	4,26 Ab	3,0 Ab	3,6 b
Média	11,3 A	7,5 B	9,4	5,6 A	4,1 B	4,8
CV (%)			13,38			21,20

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

O nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (N-NH₃) é associado à qualidade fermentativa da silagem, pois esse composto é proveniente da degradação da fração protéica pelos clostrídeos (McDONALD et al., 1991). Na ensilagem da cana-de-açúcar essa degradação é inibida pelo rápido abaixamento do pH, devido à baixa CT e presença abundante de carboidratos solúveis. As silagens tratadas com uréia apresentaram N-NH₃ superior às demais silagens (Tabela 01). Segundo SUNDSTOL & COXWORTH (1984) a uréia na presença da enzima uréase é transformada em amônia que por sua vez, quando em contato com a água transforma-se em hidróxido de amônio essa substância apresenta em sua constituição de 29 a 30% de amônia (NH₃); conseqüentemente, silagens tratadas com uréia têm N-NH₃ superior às não tratadas. No entanto, ao se proceder à queima, possivelmente ocorreu inativação de parte da enzima uréase, por isso, a cana-de-açúcar queimada e tratada com uréia propiciou silagens com menores valores de N-NH₃.

Na Tabela 02 encontram-se os valores de pH antes da ensilagem e após a abertura. Pode-se observar que a queima antes da ensilagem, propiciou valores de pH

estatisticamente inferiores ($p < 0,05$), no entanto, a diferença de 0,1 unidade de pH, não representa diferença biologicamente significativa. Diferenças estatísticas em relação à queima também foram observadas após a abertura, porém todas inferiores a 0,2 unidades de pH, não representando variação biológica expressiva. Em relação aos aditivos obteve-se os maiores valores nas silagens tratadas com NaOH seguidas das aditivadas com uréia. Como já foi relatado, silagens tratadas com uréia apresentam transformação dessa em hidróxido de amônio, sendo esse um composto alcalino que influencia, reduzindo o abaixamento do pH. HILL & LEAVER (2002) estudando a ensilagem da planta de trigo tratada com doses de uréia (0, 2 e 4%) observaram elevação do pH de 3,87 para 4,07 e 4,28 em função das doses.

Tabela 02. Valores de pH antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Antes da ensilagem			Após a ensilagem		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	5,9	5,7	5,8 b	3,75 Ac	3,72 Ac	3,73 c
Benzoato (0,1%)	6,0	5,7	5,8 b	3,65 Acd	3,72 Ac	3,69 cd
Uréia (1,5%)	5,8	5,7	5,8 b	4,24 Ab	4,05 Bb	4,1 b
NaOH (1,0%)	11,7	11,7	11,7 a	4,64 Ba	4,86 Aa	4,75 a
PROP ¹	5,6	5,7	5,7 b	3,55 Bde	3,66 Acd	3,60 d
BUCH ²	5,7	5,6	5,7 b	3,43 Ae	3,52 Ad	3,48 e
Média	6,8 A	6,7 B	6,7	3,88 B	3,92 A	3,9
CV (%)			1,88			1,47

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

O NaOH tem grande capacidade de elevar o pH, haja visto, os valores obtidos na cana-de-açúcar antes de ensilar. Aliado a esse fato tem-se a elevação da CT, propiciando assim os maiores valores de pH após a abertura. No entanto, se comparar a redução do pH das silagens controle (2,1 unidades de pH) com a redução das silagens tratadas com NaOH (7 unidades de pH), infere-se que nas silagens tratadas com NaOH ocorreu maior extensão de fermentação, pois o pH após a abertura é fruto

do pH antes de ensilar associado à CT e modificado pelos ácidos orgânicos produzidos. CASTRILLÓN et al. (1978) trataram a cana-de-açúcar com 4% de NaOH na matéria seca e observaram que as silagens controle tiveram 1,6% enquanto as tratadas apresentaram 12,2% de ácido lático, mesmo com essa alta produção de ácido lático as silagens tratadas apresentaram pH de 4,41 enquanto as não tratadas 4,12.

As perdas por gases (PG) estão apresentadas na Tabela 03, sendo que, em relação ao fator queima maiores PG foram observadas nas silagens de cana-de-açúcar queimada e tratadas com benzoato ou uréia. A utilização da uréia na ensilagem pressupõe efeito inibitório de leveduras pela amônia, no entanto como foi observado na Tabela 01, houve menor produção de amônia nas silagens da cana-de-açúcar queimada, conseqüentemente o efeito desejado não foi obtido.

Tabela 03. Perdas por gases (PG), expressas em percentagem da matéria seca ensilada e por efluentes, expressa em quilos de efluente por tonelada de matéria verde ensilada, em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	PG			Efluente (Kg/t MV)		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	15,9 Aa	18,1 Aa	17,0 a	76,2 Bab	115,6 Aa	95,9 a
Benzoato (0,1%)	11,2 Bbc	20,3 Aa	15,8 ab	63,0 Bab	105,5 Aab	84,2 ab
Uréia (1,5%)	13,2 Bbc	18,3 Aa	15,7 ab	56,5 Bb	116,1 Aab	86,3 a
NaOH (1,0%)	9,6 Ac	5,7 Ab	7,7 c	3,2 Ac	11,9 Ad	7,5 c
PROP ¹	19,9 Aa	18,1 Aa	19,0 a	84,9 Aa	90,4 Abc	87,6 a
BUCH ²	13,2 Abc	11,2 Ab	12,2 b	66,5 Aab	70,4 Ac	68,4 b
Média	13,8 A	15,3 A	14,6	58,4 B	85,0 A	71,7
CV (%)			16,63			12,99

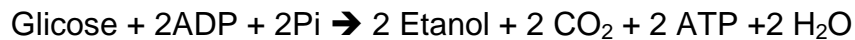
Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Em relação aos efeitos dos ativos nas silagens de cana-de-açúcar crua, menores PG foram observadas nas silagens tratadas com NaOH, seguidas das silagens tratadas com benzoato, uréia e BUCH. Nas silagens de cana-de-açúcar queimada destaca-se o NaOH e o BUCH. O NaOH tem como objetivo tradicional de uso, a hidrólise alcalina das

frações fibrosas, no entanto ele foi um eficiente redutor de PG. Nos estudos de CASTRILLÓN et al., 1978 e NIEBLAS et al., 1982 avaliando a ensilagem da cana-de-açúcar tratada com NaOH, os autores observaram-se redução do teor de etanol de aproximadamente 5% para menos que 1%, quando a cana-de-açúcar foi tratada com NaOH. A produção de etanol está intimamente correlacionada com a PG. PEDROSO (2003) observou correlação de 0,89 entre etanol e PG. Segundo McDONALD et al. (1991) a fermentação de carboidratos solúveis por leveduras durante a estocagem das silagens têm como produto etanol, sendo descrita pela seguinte equação:



No metabolismo de bactérias homofermentativas, a fermentação de glicose com síntese de ácido láctico não gera produção de CO₂. A inclusão de NaOH, como já foi mencionado, possivelmente propiciou aumento no teor de ácido láctico, devido ao estímulo de desenvolvimento de bactérias homofermentativas. Nesse cenário, pode-se inferir que a redução das PG foi resultado do aumento da população de bactérias homofermentativas que consumiram com maior eficiência os carboidratos solúveis, reduzindo principalmente a atuação das leveduras.

O BUCH principalmente nas silagens de cana-de-açúcar queimada mostrou-se eficiente em reduzir as PG. O *L. buchneri* têm capacidade de converter ácido láctico em ácido acético e 1,2 propanodiol em condições de anaerobiose, sendo mais eficiente em pH baixo, próximo a 3,8 (OUDE ELFERINK et al., 2001). KROONEMAN et al. (2002) isolou em silagens de milho o *Lactobacillus diolivorans* que segundo o autor é uma bactéria epífita que tem capacidade de fermentar 1,2 propanodiol em ácido propiônico. Segundo MOON (1983) tanto o ácido acético, quanto o propiônico em pH inferior ao seu pKa são potentes inibidores do desenvolvimento de leveduras.

Segundo McDONALD et al. (1991) a fermentação de carboidratos solúveis por bactérias heterofermentativas, produz 1 mol de CO₂, para cada mol de glicose fermentada ou para cada 3 moles de frutose. Para tanto, infere-se que a redução da PG pelo BUCH, mesmo sendo produtor de CO₂ na sua fermentação, deu-se principalmente

pela inibição do desenvolvimento de leveduras, que produzem o dobro ou seis vezes mais gases por mol de substrato.

O PROP possui o mesmo princípio teórico de atuação do BUCH, nesse caso produziria mais ácido propiônico. No entanto, esses microrganismos não foram eficientes em reduzir as PG. PAHLOW et al. (2003) em extensa revisão sobre microbiologia de silagem, infere que as bactérias do gênero *Propionibacterium* são eficientes em controlar leveduras desde que o pH da silagem seja superior a 4,5. No presente experimento, o pH das silagens tratadas com PROP foram de 3,55 e 3,66, nas silagens de cana-de-açúcar crua e queimada, respectivamente. Além do pH final é interessante avaliar a taxa de redução do pH. No estudo realizado por EVANGELISTA et al. (2003) observou-se queda do pH de silagens de cana-de-açúcar de 5,2 para 3,5 nos cinco primeiros dias de fermentação. Conseqüentemente, as bactérias *P. acidipropionici*, provavelmente foram inibidas no presente estudo pelo rápido abaixamento do pH.

Os valores das produções de efluentes podem ser observados na Tabela 03. O fator queima elevou as produções de efluentes, com exceção às silagens inoculadas (PROP e BUCH) e das tratadas com NaOH. Provavelmente, esse fato ocorreu devido à redução ou até mesmo eliminação da palhada pela queima, pois a presença da palha, eleva o teor de matéria seca e apresenta possível absorção de líquidos. Em relação aos aditivos destacou-se com inibidor da produção de efluentes o NaOH. PEDROSO (2003) avaliando a inclusão de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar, observou menores produções de efluente quando o NaOH foi utilizado em doses de 1 a 3%, na média a produção de efluentes nas silagens tratadas com NaOH foi de 6,3 kg/tMV, enquanto a média geral do experimento foi de 20,8 kg/tMV. Em relação à produção de efluentes vale ressaltar ainda os altos valores observados no presente estudo, 58,4 e 85,0 kg/tMV nas silagens de cana-de-açúcar crua e queimada, respectivamente. A exemplificar o estudo de SCHMIDT et al (2004b), que observaram variação de 34,2 a 42,5 kg/tMV. No entanto, SANTOS (2004) avaliando a produção de efluentes de silagens de cana-de-açúcar em silos de PVC, encontrou valores próximos aos observados no presente estudo; variação de 58,3 a 70 kg/tMV. Esse fato pode ser explicado, pelo processo de

ensilagem, realizado em silos experimentais de PVC, em especial nesse experimento. Foram utilizados bastões de ferro (material e métodos) na compactação da forragem e esses apresentavam diâmetro próximo ao dos silos utilizados, conseqüentemente esse fato propiciava compactação sobre toda a superfície do silo, não permitindo refluxo da forragem. Essa forma de compactação pode ter provocado maior dilaceramento das partículas ensiladas e conseqüentemente aumentado da produção de efluentes.

Em relação à recuperação da matéria seca (RMS), pode-se observar na Tabela 04 que as silagens que passaram pelo processo da queima apresentaram média superior de RMS. Esse fato foi conseqüência dos resultados observados nos aditivos NaOH e BUCH, sendo que, nos demais aditivos não foram observadas diferenças significativas.

Tabela 04. Recuperação da matéria seca (RMS%), expressa em percentagem da matéria seca ensilada e variação dos teores de matéria seca (VMS), calculado como %MS no momento da ensilagem menos %MS na abertura, em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	RMS (%)			VMS (%)		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	67,5 Ac	70,6 Ab	69,0 cd	7,8 Aa	4,9 Ba	6,3 ab
Benzoato (0,1%)	74,8 Aab	73,6 Ab	74,2 b	5,9 Aa	3,7 Bab	4,8 b
Uréia (1,5%)	72,8 Abc	72,3 Ab	72,6 bc	6,7 Aa	4,1 Bab	5,4 ab
NaOH (1,0%)	76,1 Bab	91,9 Aa	84,0 a	7,7 Aa	1,8 Bbc	4,7 b
PROP ¹	66,4 Ac	69,0 Ab	67,7 d	7,6 Aa	6,4 Aa	7,0 a
BUCH ²	80,8 Ba	86,7 Aa	84,0 a	3,1 Ab	0,9 Bc	2,0 c
Média	73,1 B	77,3 A	75,2	6,5 A	3,6 B	5,0
CV (%)			3,41			21,33

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

No processo de queima pode ocorrer transformação de sacarose em glicose e frutose, conseqüentemente ocorreu alteração no substrato disponível. Segundo McDONALD et al. (1991) o *L. buchneri* fermenta tanto sacarose quanto glicose e frutose, no entanto, a eficiência fermentativas de monossacarídeos (glicose e frutose) é

maior do que quando dissacarídeos (sacarose) são fermentados por esse microrganismo. Infere-se que neste caso, a possível disponibilização de monossacarídeos estimulou o desenvolvimento do *L. buchneri* devido ao aumento de substratos fermentescíveis com conseqüente incremento na produção de ácido acético, que segundo MOON (1983) é considerado inibidor de leveduras.

Em relação ao NaOH dois fatores podem ter contribuído para elevação da RMS, o primeiro é o fato da elevação do pH que possibilita maior tempo de atuação de bactérias homofermentativas, já citado na explicação da PG. Outro fato, pode ser atribuído a maior disponibilização de substratos (glicose e frutose), visto que várias bactérias homofermentativas fermentam com baixa eficiência ou não fermentam sacarose (McDONALD et al., 1991).

Na Tabela 03 pode ser observado que a PG nas silagens de cana-de-açúcar queimada foram numericamente maiores que nas silagens de cana-de-açúcar crua e a produção de efluentes foi significativamente maior nas silagens de cana-de-açúcar queimada. No entanto, na Tabela 04 houve inversão de perdas, sendo que as silagens de cana-de-açúcar queimada apresentaram maiores RMS ($p < 0,05$). Esse fato pode ser correlacionado com a variação dos teores de matéria seca (VMS) (Tabela 04). As silagens de cana-de-açúcar queimada apresentaram menores VMS, entretanto há de se considerar que as silagens confeccionadas com cana-de-açúcar queimada já haviam sofrido redução nos teores de MS, devido às perdas inerentes ao processo de queima.

Os teores de matéria seca (MS) estão apresentados na Tabela 05. Observa-se pequena diferença entre a cana-de-açúcar crua e queimada antes da ensilagem. O processo de queima elimina a palhada da cana-de-açúcar, material esse que possui alto teor de MS, conseqüentemente há redução do teor de MS na cana-de-açúcar queimada. Entre os aditivos, não houve diferença estatística no teor MS ($P > 0,05$). Após a abertura dos silos observou-se redução em todos os teores de MS. Excetuando as silagens tratadas com PROP e uréia, todas as demais apresentaram maiores teores de MS quando a cana-de-açúcar foi queimada. Destaca-se os teores de MS das silagens tratadas com BUCH (crua e queimada) e das silagens de cana-de-açúcar queimada

tratadas com NaOH. A redução nos teores de MS pode ser associada as PG e conseqüentemente a RMS.

Tabela 05. Teores de matéria seca (MS%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Antes da ensilagem			Após a abertura		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	35,2	34,1	34,6 a	27,4 Bc	29,2 Abc	28,3 d
Benzoato (0,1%)	35,2	34,4	34,8 a	29,4 Bb	30,7 Ab	30,0 bc
Uréia (1,5%)	35,8	33,1	34,5 a	29,1 Ab	29,1 Abc	29,1 cd
NaOH (1,0%)	36,8	34,5	35,6 a	29,1 Bb	32,7 Aa	30,9 b
PROP ¹	35,6	34,4	35,0 a	28,0 Abc	28,0 Ac	28,0 d
BUCH ²	35,1	34,4	34,7 a	31,9 Ba	33,4 Aa	32,7 a
Média	35,6 A	34,1 B	34,9	29,1 B	30,5 A	29,8
CV (%)			2,69			2,21

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Em relação ao BUCH, ocorre um fato interessante, pois em silagens de gramíneas de boa qualidade como Azevém perene que foi o alvo do estudo de DRIEHUIS et al. (2001) ocorreram maiores perdas de MS nas silagens inoculadas com *L. buchneri* comparadas ao controle. Essa perda é associada à fermentação heterolática desse microrganismo, que nesse caso foi contrastado com microrganismos homoláticos. No entanto, menores reduções dos teores de MS e conseqüentemente maiores RMS na ensilagem da cana-de-açúcar foram observadas com a inoculação do *L. buchneri*, pois nesse caso as perdas estão associadas à fermentação por leveduras que provocam perdas de MS superiores às bactérias heterofermentativas.

Os teores de proteína bruta (PB) das silagens e da cana-de-açúcar crua e queimada, tratadas com uréia foram superiores aos demais (p<0,05) (Tabela 06). A uréia é um ingrediente rico em nitrogênio (45% de N na MS), sendo assim já era esperado essa superioridade em relação aos teores de PB.

Observa-se que após a abertura houve elevação numérica em todos os teores de PB, comparado aos teores de antes da ensilagem. Esse aumento está associado à concentração do nutriente devido às perdas de MS. A uréia aplicada na ensilagem pode ser perdida no decorrer do processo fermentativo. NUSSIO & SCHMIDT (2004) em revisão sobre ensilagem da cana de açúcar reportam que a recuperação do nitrogênio aplicado na forma de uréia é da ordem de 70%, no presente estudo observou-se recuperação do nitrogênio total nas silagens tratadas com uréia de 82%.

Tabela 06. Teores de proteína bruta (PB%), nitrogênio ligado à fibra em relação ao nitrogênio total (N-FDN%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Antes da ensilagem			Após a abertura		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
PB (%)						
Controle	1,5	1,3	1,4 b	1,7	2,3	2,0 b
Benzoato (0,1%)	1,3	1,2	1,3 b	1,8	2,1	2,0 b
Uréia (1,5%)	12,4	12,5	12,5 a	13,9	14,1	14,0 a
NaOH (1,0%)	1,4	1,3	1,4 b	2,0	1,9	2,0 b
PROP ¹	1,4	1,4	1,4 b	2,0	2,8	2,4 b
BUCH ²	1,5	1,4	1,4 b	1,9	2,1	2,0 b
Média	3,3 A	3,2 A	3,2	3,9 B	4,2 A	4,1
CV (%)	12,07			8,35		
N-FDN (%)						
Controle	45,4 Bc	51,1 Ab	48,2 b	55,8 Aa	47,7 Ba	51,8 a
Benzoato (0,1%)	47,3 Abc	48,6 Ab	48,0 b	37,5 Abc	40,1 Ab	38,8 b
Uréia (1,5%)	5,3 Ad	6,2 Ac	5,8 c	8,7 Ad	7,9 Ad	8,3 d
NaOH (1,0%)	51,6 Bbc	59,1 Aa	55,3 a	58,4 Aa	39,5 Bb	48,9 a
PROP ¹	50,0 Abc	53,0 Ab	51,5 ab	42,4 Ab	37,5 Bbc	39,9 b
BUCH ²	55,7 Aa	50,9 Bb	53,3 a	35,1 Ac	33,4 Ac	34,3 c
Média	42,6 B	44,8 A	43,7	39,6 A	34,4 B	37,0
CV (%)	5,00			5,28		

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Os teores de nitrogênio ligado a FDN (N-FDN) foram apresentados na Tabela 06. Observa-se que as forragens tratadas com uréia tiveram os menores valores, pois a uréia é fonte de nitrogênio solúvel, sendo assim, mesmo se a cana-de-açúcar apresenta-se teores de N-FDN semelhantes ocorreria diluição desse devido à inclusão de nitrogênio solúvel.

Antes da ensilagem os valores de fibra em detergente neutro (FDN) na cana-de-açúcar queimada foram inferiores aos teores na cana-de-açúcar crua (Tabela 07). Ao queimar a cana-de-açúcar ocorre a eliminação da palha, que é uma porção da planta rica em FDN. Outro resultado, que vale ser salientado, é a redução da FDN pelo uso de NaOH mesmo antes da ensilagem. TETLOW & MASON (1987) avaliando a ensilagem das culturas de centeio, cevada e trigo tratadas ou não com NaOH, observaram redução no teor de FDN antes da ensilagem quando realizou-se o tratamento com NaOH. Como exemplo, ao tratar o centeio que possuía 62,8% de FDN com NaOH, esse valor foi reduzido para 52,9%. Resultados semelhantes foram observados por PEDROSO (2003) na ensilagem da cana-de-açúcar, onde observou redução da FDN de 64,5% para 55,4% nas forragens tratadas com 1% de NaOH, antes da ensilagem.

Após a abertura observou-se elevação nos teores de FDN em todas as silagens. Esse fato é consequência do consumo de carboidratos solúveis pelos microrganismos durante a ensilagem, principalmente leveduras e pela perda de matéria seca via efluente. COAN et al. (2002) observaram elevação nos teores de FDN da cana-de-açúcar (cultivar SP 80-339) de 42,1% e 43,5% para 54,9% e 53,2% nas silagens de cana-de-açúcar crua e queimada, respectivamente.

Pode-se associar a elevação da FDN a RMS, pois nas silagens onde foram observados maiores valores de FDN após a abertura foram encontrados as menores RMS (controle, uréia e PROP). Destaca-se nesse sentido, os teores de FDN das silagens de cana-de-açúcar queimada e tratada com NaOH, que além de sofrerem o processo de hidrólise alcalina da fibra (TETLOW et al., 1987), pode ter havido maior fermentação homolática, consequentemente houve maior produção de ácido lático que não é perdido por volatilização e redução na produção de CO₂, diminuindo assim o efeito de concentração da FDN.

Tabela 07. Teores de fibra em detergente neutro (FDN%), fibra em detergente ácido (FDA%) e lignina (LIG%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Antes da ensilagem			Após a abertura		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
FDN (%)						
Controle	54,7	49,8	52,3 bc	75,1 Aa	74,4 Aab	74,8 a
Benzoato (0,1%)	53,0	48,3	50,7 c	68,4 Ab	68,1 Ac	68,2 b
Uréia (1,5%)	53,6	49,3	51,5 bc	70,8 Aab	71,6 Abc	71,2 b
NaOH (1,0%)	49,3	45,1	47,2 d	59,5 Ac	47,7 Be	53,6 d
PROP ¹	53,8	51,1	52,5 ab	74,1 Aa	76,2 Aa	75,1 a
BUCH ²	56,5	51,5	54,0 a	66,7 Ab	61,4 Bd	64,1 c
Média	53,5 A	49,2 B	51,3	69,1 A	66,6 B	67,8
CV (%)			1,86			2,63
FDA (%)						
Controle	34,8	31,0	32,9 a	48,7 Ba	52,2 Ab	50,5 b
Benzoato (0,1%)	35,0	30,4	32,7 a	44,6 Ac	46,3 Ac	45,5 c
Uréia (1,5%)	35,2	29,4	32,3 a	45,8 Aab	47,9 Ac	46,8 c
NaOH (1,0%)	35,8	30,8	33,3 a	41,1 Ac	37,6 Bc	39,3 d
PROP ¹	35,6	30,8	33,2 a	48,2 Ba	57,5 Aa	52,9 a
BUCH ²	35,0	31,6	33,3 a	45,6 Aab	47,7 Ac	46,6 c
Média	35,2 A	30,7 B	33,0	45,7 B	48,2 A	46,9
CV (%)			3,07			2,77
LIG (%)						
Controle	6,9 Bbc	8,7 Aa	7,8 ab	8,1 Bb	9,9 Aa	9,0 b
Benzoato (0,1%)	9,6 Aa	8,1 Ba	8,9 a	7,8 Ab	8,1 Ab	8,0 bc
Uréia (1,5%)	6,6 Bc	8,0 Aa	7,3 b	7,3 Ab	7,9 Ab	7,6 c
NaOH (1,0%)	8,0 Aabc	5,9 Bb	7,0 b	7,1 Ab	5,8 Bc	6,4 d
PROP ¹	8,7 Aab	8,0 Aa	8,4 ab	9,8 Ba	10,9 Aa	10,4 a
BUCH ²	7,7 Aabc	7,2 Aab	7,4 b	8,2 Ab	8,0A b	8,1 bc
Média	7,9 A	7,6 A	7,8	8,0 A	8,4 A	8,2
CV (%)			10,22			7,38

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Outro valor relevante foi observado na silagem de cana-de-açúcar queimada e inoculada com BUCH. No processo de ensilagem da cana-de-açúcar e ou de outras forragens com presença do BUCH ocorre efetivo consumo de carboidratos solúveis (PEDROSO, 2003 e NISHINO et al., 2003). Entretanto, a concentração da FDN nessas silagens de cana-de-açúcar foi menor que naquelas tratadas com uréia, PROP e não tratadas, pois possivelmente ocorreu predominância de produção de ácido acético com conseqüente redução da produção de etanol. Sendo o etanol um produto volátil esse pode ter sido perdido, além da intensa perda na forma de CO₂ durante a fermentação por leveduras, elevando assim a concentração da FDN.

Em relação à fibra em detergente ácido (FDA) antes da ensilagem, verificou-se diferença estatística apenas para o efeito da queima ($P < 0,05$). Como foi relatado para FDN, o processo de queima elimina a presença de palhas que por sua vez é uma parte da planta rica em FDA. Os teores de FDA após a abertura foram numericamente superiores aos observados antes da ensilagem. A semelhança do ocorrido com a FDN pode atribuir a elevação da FDA ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação.

Os teores de Lignina (LIG) não seguiram a mesma tendência da FDN e da FDA, pois não tiveram comportamento consistente durante o processo de ensilagem, ocorrendo, elevação, redução e manutenção dos teores.

A porção de carboidratos representa cerca de 90% da planta da cana-de-açúcar, sendo fragmentado em dois grandes grupos: carboidratos fibrosos, representados pela FDN e carboidratos não fibrosos (CNF). Os CNF possuem alta digestibilidade, acima de 90% (COSTA, 2002) e podem ser considerados, uma porção de grande importância no valor nutritivo da cana-de-açúcar. Na Tabela 08 estão apresentados os teores de CNF antes e após a ensilagem. Antes da ensilagem vê-se que o efeito da queima elevou os teores de CNF, conseqüência da redução dos teores da FDN. Entre as silagens aditivadas, as tratadas com uréia apresentaram os menores teores de CNF, pois no cálculo deste parâmetro descontá-se o teor de proteína, sendo a uréia uma fonte de nitrogênio não protéico o teor de CNF fica subestimado nestas silagens.

Após a ensilagem houve redução do teor de CNF em todas as silagens (Tabela 08). Os maiores teores de CNF foram obtidos nas silagens tratadas com NaOH, seguidas pelas silagens inoculadas com BUCH. Os teores de CNF estão intimamente relacionados com os teores de FDN, pois são calculados pela subtração da FDN do teor de carboidratos totais. Conseqüentemente, quanto mais alto o teor de FDN, elevado pela perda de carboidratos solúveis, menor será o teor de CNF, constatação essa que pode ser comprovada pela análise conjunta das Tabelas 07 e 08.

Tabela 08. Teores de carboidratos não fibrosos (CNF%) e valores de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS%) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Antes da ensilagem			Após a abertura		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
CNF (%)						
Controle	37,3	45,1	41,2 bc	15,1 Ac	18,1 Ad	16,6 d
Benzoato (0,1%)	40,9	46,5	43,7 a	23,4 Aa	24,6 Ac	24,0 c
Uréia (1,5%)	27,7	34,2	30,9 d	6,5 Ac	9,2 Ae	7,8 e
NaOH (1,0%)	39,0	45,0	42,0 ab	27,4 Ba	40,7 Aa	34,1 a
PROP ¹	39,8	43,4	41,6 bc	17,2 Ab	15,7 Ad	16,4 d
BUCH ²	36,6	43,0	39,8 c	24,9 Ba	31,8 Ab	28,3 b
Média	36,9 B	42,9 A	39,9	19,1 B	23,4 A	21,2
CV (%)	2,79			9,24		
DVIVMS (%)						
Controle	52,6 Bc	60,8 Ab	56,7 bc	35,1	39,7	37,4 d
Benzoato (0,1%)	55,8 Bbc	60,4 Abc	58,1 b	39,7	43,0	41,4 c
Uréia (1,5%)	53,2 Bc	58,7 Abcd	55,9 bc	37,7	44,1	40,9 c
NaOH (1,0%)	66,2 Ba	69,3 Aa	67,8 a	59,6	63,0	61,3 a
PROP ¹	57,8 Ab	57,0 Acd	57,4 b	34,6	39,8	37,2 d
BUCH ²	52,7 Bc	56,1 Ad	54,4 c	48,4	51,7	50,1 b
Média	56,4 B	60,4 A	58,4	42,5 B	46,9 A	44,7
CV (%)	2,60			3,98		

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

PEDROSO (2003) avaliando o teor de carboidratos solúveis no perfil de fermentação na ensilagem da cana-de-açúcar observou redução de 23,3% para 9,13 e 5,69% nas silagens controle e inoculadas com *L. buchneri*, respectivamente. WEINBERG et al. (2002) também observaram maiores consumos de carboidratos solúveis em silagem de milho inoculadas com *L. buchneri* quando comparado às silagens controle ou silagens inoculadas com *L. plantarum*. Ressalva-se que a interpretação dos resultados de CNF deve ser diferenciada daquela realizada pelos valores de carboidratos solúveis, pois na fração de CNF, inserem-se produtos da fermentação presentes na matéria seca, enquanto carboidratos solúveis representam um grupo específico de carboidratos.

A digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS) da cana-de-açúcar antes de ensilar foi superior na cana-de-açúcar queimada, provavelmente devido à eliminação da palha. Destaca-se ainda, a superioridade dos valores de DVIVMS na cana-de-açúcar tratada com NaOH antes da ensilagem. No estudo de TETLOW & MASON (1987) foi observada elevação da digestibilidade *in vitro* das culturas de centeio, cevada e trigo antes de ensilar quando essas foram tratadas com NaOH.

Após a ensilagem ocorreu redução acentuada na DVIVMS das silagens. A digestibilidade da cana-de-açúcar é conseqüência da relação entre CNF e FDN. Sendo que quanto maior o teor de CNF e menor FDN maior será a DVIVMS. Nesse sentido, observa-se que a queima da cana-de-açúcar propiciou maiores DVIVMS independente do aditivo utilizado, devido à redução da FDN e maiores teores de CNF. Com relação ao feito dos aditivos as silagens tratadas com NaOH apresentaram os maiores valores de DVIVMS, seguidas pelas silagens inoculadas com BUCH. A explicação para esses resultados pode ser baseada, nas maiores RMS, nos menores teores de FDN e maiores teores de CNF, todos esses baseados na inibição da fermentação por leveduras e no caso do NaOH outro fator contribuinte na elevação da DVIVMS foi a solubilização da fração fibrosa.

A recuperação de CNF (Tabela 09) fornece um indicativo de preservação da constituição original da forragem estudada, no entanto além da conservação do material

original faz-se necessário conhecer ou mesmo inferir sobre os produtos oriundos da fermentação.

Destaca-se os teores de recuperação de CNF das silagens tratadas com NaOH e inoculadas com BUCH, principalmente nas silagens de cana-de-açúcar queimada. Segundo McDONALD et al. (1991) na fermentação por leveduras ocorre perda de 48% da matéria seca fermentada, considerando que as leveduras fermentam carboidratos solúveis que estão contidos na fração de CNF, infere-se que, ocorreram nessas silagens inibição da atuação de leveduras mais pronunciadas que nas demais silagens.

Tabela 09. Recuperações dos carboidratos não fibrosos (Rec CNF) e da matéria seca digestível verdadeira (Rec MSDV), expressas em percentagem da fração ensilada, em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Rec CNF			REC MSDV		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	27,3 Ac	28,3 Ad	27,8 d	45,0 Acd	46,0 Ac	45,5 c
Benzoato (0,1%)	42,7 Ab	39,0 Ac	40,8 c	53,2 Ab	52,4 Abc	52,8 b
Uréia (1,5%)	16,9 Ad	19,5 Ad	18,2 e	51,6 Abc	54,4 Ab	53,0 b
NaOH (1,0%)	53,6 Ba	83,1 Aa	68,3 a	68,5 Ba	83,6 Aa	76,1 a
PROP ¹	28,7 Ac	24,9 Ad	26,8 d	39,8 Ad	48,3 Abc	44,0 c
BUCH ²	55,0 Ba	64,1 Ab	59,6 b	74,3 Aa	79,8 Aa	77,1 a
Média	37,4 B	43,1 A	40,2	55,4 B	60,7 A	58,1
CV (%)			10,08			5,26

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Resultados semelhantes à recuperação de CNF foram observados nas recuperações da MSDV (Tabela 09). A análise desse parâmetro traduz-se em indicativo de perdas quantitativas e qualitativas. Os resultados encontrados na recuperação da MSDV podem ser considerados como resumidores dos efeitos ocorridos durante o processo de ensilagem e das respectivas atuações dos tratamentos impostos. A explicação para esses resultados baseia-se nas perdas quantitativas representadas no presente estudo pelas PG, efluente e RMS, bem como pelas alterações químicas como

a elevação da FDN. Vale ainda ressaltar, que a recuperação das frações supra-citadas foram calculadas em relação ao material no momento da ensilagem, no entanto no processo de queima ocorrem perdas no campo pela ação do fogo, que no presente estudo não foram mensuradas.

3.2 Fase em aerobiose

As variações do pH (VpH), representadas pela diferença entre os valores de pH após cinco dias de exposição aeróbia e os valores de pH após a abertura estão apresentados na Tabela 10. Destaca-se como inibidor da elevação do pH a queima em relação às silagens de cana-de-açúcar crua, já em relação aos aditivos químicos a menor VpH foi observada nas silagens tratadas com benzoato (-0,05), seguida das silagens tratadas com BUCH (0,18) e PROP (0,21). Segundo McDONALD et al. (1991) o metabolismo do ácido láctico pelos microrganismos aeróbios resulta em elevação do pH. Nesse sentido, pode-se inferir que as silagens que tiveram menores VpH foram mais estáveis, preservando os com maior eficiência substratos produzidos durante a fermentação.

O BUCH composto pelo *L. buchneri* com possível produção superior de ácido acético, o PROP que apresenta em sua constituição *P. acidipropionici*, microrganismo produtor de ácido propiônico e o benzoato de sódio, têm como semelhança o incremento de ácidos orgânicos na silagem. Esses ácidos orgânicos em solução com pH inferior ao pKa encontram-se não dissociados, permitindo a entrada dos mesmos por difusão passiva nas células das leveduras. No interior do microrganismo o pH é por volta de 7,0 fazendo com que haja dissociação desses ácidos e liberação do íon H^+ , que por sua vez é tóxico às leveduras, sendo então necessário às leveduras gastarem energia (ATP) para expulsar o H^+ promovendo assim decréscimo no crescimento desses microrganismos e até mesmo a morte (WALKER, 1998).

Tabela 10. Valores de pH após cinco dias de exposição aeróbia e variação do pH, calculada como a diferença em modulo do pH após aeração menos o valor do pH após a abertura dos silos em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	pH			Variação do pH		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	6,1 Ab	3,8 Bc	4,9 c	2,35 Ab	0,04 Bbc	1,20 b
Benzoato (0,1%)	3,7 Ac	3,6 Ac	3,6 d	0,01 Ae	0,11 Ac	0,05 d
Uréia (1,5%)	8,4 Aa	4,3 Bb	6,4 a	4,19 Aa	0,23 Bb	2,21 a
NaOH (1,0%)	6,0 Ab	5,8 Aa	5,9 b	1,32 Ac	0,94 Ba	1,13 b
PROP ¹	3,9 Ac	3,7 Bc	3,8 d	0,39 Ad	0,03 Bbc	0,21 c
BUCH ²	3,7 Ac	3,6 Ac	3,7 d	0,24 Ade	0,11 Abc	0,18 cd
Média	5,3 A	4,1 B	4,7	1,42 A	0,21 B	0,81
CV (%)			2,86			16,54

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

No caso do BUCH e do benzoato, baseando-se em resultados encontrados na literatura (DRIEHUIS et al., 1999 e WOOFORD et al., 2001) e com base na composição química e nas perdas ocorridas durante a fermentação, acredita-se que realmente houve efeito dos tratamentos da forma que foi citado anteriormente.

Já no caso do PROP, pode ter acontecido o efeito do possível incremento de ácido propiônico ou apenas pode ser considerado que as silagens tratadas com esse aditivo já se encontravam com baixo conteúdo de substratos, principalmente carboidratos solúveis, para permitir o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios. A análise da Tabela 09 mostra que as silagens tratadas com PROP apresentaram-se entre as menores recuperações de CNF. Além do fato, da limitação do desenvolvimento de bactérias do gênero *Propionibacterium* pelo rápido abaixamento do pH (WEINBERG et al., 1995), conseqüentemente, pode não ter havido acréscimo suficiente de ácido propiônico nas silagens.

Observou-se efeito na queima em manter os teores de MS mais próximos aos teores após a abertura (Tabelas 05 e 11). Já para os aditivos não foi encontrada diferença estatística (P>0,05).

Tabela 11. Teores de matéria seca (MS%) e recuperação da matéria seca (RMS), expressa em percentagem da matéria seca na abertura dos silos, após cinco dias de exposição aeróbia, em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	MS (%)			RMS (%)		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	39,3	33,8	36,5 a	96,2 Aa	93,9 Ab	95,1 ab
Benzoato (0,1%)	40,4	36,8	38,6 a	95,0 Aab	96,7 Aab	95,8 ab
Uréia (1,5%)	44,4	34,6	39,5 a	90,8 Bb	97,6 Aab	94,2 b
NaOH (1,0%)	44,4	36,2	40,3 a	93,9 Aab	93,0 Ab	93,5 b
PROP ¹	37,6	33,0	35,3 a	97,4 Aa	98,8 Aa	98,1 a
BUCH ²	37,1	37,1	37,1 a	92,7 Bab	97,4 Aab	95,0 ab
Média	40,5 A	35,3 B	37,9	94,3 B	96,2 A	95,3
CV (%)	2,24			2,02		

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

A recuperação de matéria seca (RMS) no pós-abertura é definida pela intensidade metabólica de microrganismos aeróbios (MUCK et al., 1991). Foram observadas, de maneira geral, maiores RMS nas silagens produzidas com cana-de-açúcar queimada. Em relação aos aditivos a maior recuperação foi constatada nas silagens inoculadas com PROP, seguidas das silagens tratadas com benzoato, controle e inoculadas com BUCH.

Nas silagens tratadas com PROP, como já foi discutido sobre a variação do pH, existem duas possíveis explicações, a do efeito do ácido propiônico que foi constatada no trabalho de FILYA et al. (2004), pela observação da redução da produção de CO₂ de 1,4 a 2,5% para 0,4 a 0,6% de CO₂ no pós-abertura de silagens de trigo, milho e sorgo; quando as forragens foram inoculadas com *P. acidipropionici*, no entanto a associação do *P. acidipropionici* com o *L. plantarum*, semelhante à utilizada no presente estudo, não foi eficiente em controlar a produção de CO₂. A outra explicação possível é pela limitação de substratos no pós-abertura.

As silagens tratadas com BUCH apresentaram RMS de 92,7 e 97,4% nas silagens de cana-de-açúcar crua e queimada, respectivamente. Acredita-se que nas silagens que foram produzidas com cana-de-açúcar queimada, ocorreu efeito mais pronunciado do *L. buchneri* como foi discutido; nas interpretações das perdas de gases e recuperação de matéria seca durante a fermentação. Possivelmente essas silagens tiveram maior produção de ácido acético, com conseqüente inibição de leveduras durante a exposição aeróbia. DRIEHUIS et al. (1999) avaliaram a RMS no pós-abertura de silagens de milho tratadas ou não com *L. buchneri*, os autores constataram elevação da RMS nas silagens inoculadas com *L. buchneri*. Além do efeito sobre a RMS, foram observadas neste estudo reduções da população de leveduras e maior manutenção do pH durante a exposição aeróbia, nas silagens adicionadas com o *L. buchneri*.

A estabilidade aeróbia medida como tempo para elevação da temperatura foi maior nas silagens de cana-de-açúcar queimada (Tabela 12). Segundo PAHLOW et al. (2003) ocorre sucessão de espécies de leveduras na transposição da fase anaeróbia (fermentação) para a fase aeróbia (pós-abertura). Mesmo durante a exposição aeróbia ocorre sucessão de espécies, onde primeiro ocorre desenvolvimento de leveduras mesofílicas e posteriormente das termofílicas (PITT et al., 1991). Sendo que a maioria das leveduras epifíticas é coincidente com as atuantes no pós-abertura; representadas pelos gêneros *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Candida*, *Hansenula* (PAHLOW et al., 2003). Possivelmente o fogo reduziu a população desses microrganismos, conseqüentemente o tempo necessário para a população de leveduras das silagens de cana-de-açúcar queimada equiparar-se a das silagens de cana-de-açúcar crua foi maior, inferindo em maior tempo de estabilidade aeróbia.

A interpretação dos resultados de estabilidade aeróbia (h) em função dos aditivos utilizados deve ser realizada com cautela. Segundo o modelo de deterioração aeróbia de MUCK et al. (1991) vários são os fatores que afetam a estabilidade da silagem entre eles: pH, teores de etanol, ácido acético, láctico, carboidratos solúveis residuais, população inicial de leveduras e de fungos filamentosos.

Retornando-se a Tabela 09 pode-se observar a recuperação dos CNF e se estabelecer um divisor entre as silagens de 30% de recuperação de CNF, tem-se dois

grupos: Silagens com mais de 30% (aditivadas com benzoato, NaOH ou BUCH), silagens com menos de 30% (Controle, aditivadas com uréia ou PROP). Nas silagens com baixa recuperação de CNF, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos em relação a estabilidade aeróbia. Os valores observados nesse trabalho foram de 66, 72 e 78h nas silagens controle, tratadas com uréia e inoculadas com PROP, respectivamente. Pode-se considerar que esses valores foram semelhantes aos observados por PEDROSO (2003) nas silagens controle (65h) e nas tratadas com uréia (79h). Na explicação de seus resultados, PEDROSO (2003) alerta sobre a hipótese que o etanol acima de certa concentração tem efeito fungicida, podendo elevar a estabilidade das silagens. Neste caso, pode-se inferir que os valores de estabilidade aeróbia das silagens com baixa recuperação de CNF, observados no presente trabalho podem ser considerados altos com base em valores observados na literatura. No entanto, seu valor pode ser fruto de baixas reservas de substratos para os microrganismos aeróbios e/ou devido a produtos da fermentação, outrora indesejáveis como o etanol.

Tabela 12. Estabilidade aeróbia (h) e teores de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total na matéria seca (N-NH₃) após cinco dias de exposição aeróbia em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	Estabilidade aeróbia (h)			N-NH ₃		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	32	100	66 ab	4,2 Ab	2,4 Ab	3,3 b
Benzoato (0,1%)	40	56	48 ab	2,7 Ab	3,4 Aab	3,0 b
Uréia (1,5%)	40	104	72 a	26,0 Aa	5,9 Ba	15,9 a
NaOH (1,0%)	24	48	36 b	2,1 Ab	2,1 Ab	2,1 b
PROP ¹	60	96	78 a	2,6 Ab	2,8 Aab	2,7 b
BUCH ²	60	92	76 a	2,8 Ab	3,0 Aab	2,9 b
Média	43 B	83 A	63	6,7 A	3,3 B	5,0
CV (%)			24,94			26,37

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Nas silagens com recuperação de CNF superior a 30% ocorreu diferença estatística entre os tratamentos em relação à estabilidade aeróbia, sendo os maiores valores observados nas silagens inoculadas com BUCH (76h), seguida das silagens tratadas com benzoato (48h) e das tratadas com NaOH (36h). Nestas silagens, parte-se do pressuposto de existência de substrato para atuação de microrganismos aeróbios e de redução no conteúdo de etanol durante a fermentação. Nesse cenário, pode-se observar o efeito dos tratamentos, sendo que o NaOH, provavelmente provocou extravasamento de conteúdo celular pelo rompimento da parede celular (WILKINSON, 1984), aumentando assim o aporte de substratos para os microrganismos deterioradores; entretanto no trabalho de PEDROSO (2003) foi observado aumento da estabilidade aeróbia com a utilização de 1% de NaOH de 85% em relação as silagens controle e o efeito supra-citado foi evidenciado com aumento das doses de NaOH de 1% (120h) até 3% (65h).

O tratamento com benzoato propiciou média de 48h, valor esse inferior ao observado por PEDROSO (2003) de 65h na dose de 0,1%. A análise dos demais parâmetros avaliados no pós-abertura como variação do pH e RMS, indicam que essas silagens deveriam ter estabilidade aeróbia em função do tempo para elevar a temperatura superior aos observados. Vale ressaltar que talvez nessas silagens a temperatura não seria o parâmetro mais indicado na caracterização da estabilidade aeróbia, visto que nos trabalho de WOOLFORD et al. (2001) e LÄTTEMAND & LINGVALL (1996), foram observados efeito do benzoato reduzindo a população de leveduras no pós-abertura.

Observou-se média de 76h nas silagens inoculadas com BUCH, resultado semelhante ao de PEDROSO (2003) que relatou média de 72h nas silagens de cana-de-açúcar tratadas com *L. buchneri*. O BUCH é um microrganismo que têm promovido incremento na estabilidade aeróbia em silagens de milho (RANJIT & KUNG Jr. 2000 e FILYA, 2003), sorgo (FILYA, 2003), cana-de-açúcar (PEDROSO, 2003, TOLEDO FILHO et al., 2004) entre outras. Como já foi anteriormente relatado, seu principal efeito é na elevação da produção de ácido acético, com conseqüente controle da população de leveduras.

Encontra-se também na Tabela 12 os teores de $N-NH_3$ após cinco dias de aeração. O comportamento estatístico desses resultados foi semelhante aos observados nas silagens após a abertura. Constataram-se elevações acentuadas nas silagens de cana-de-açúcar crua e tratadas com uréia. BERNARDES (2003) estudando o desabastecimento de silos com silagens do capim-Marandu observou elevação em todos os tratamentos (0, 5 e 10% de polpa cítrica) com o decorrer do tempo dos teores de $N-NH_3$. O autor atribui esse efeito a possível degradação da proteína pelos microrganismos deterioradores.

De maneira geral, os teores de PB nas silagens de cana-de-açúcar após cinco dias de exposição aeróbia sofreram elevação em relação às silagens após a abertura (Tabelas 06 e 13). Apenas nas silagens de cana-de-açúcar crua e tratadas com uréia foi observado redução dos teores de PB. Esse fato possivelmente está associado ao aumento no $N-NH_3$ durante a exposição aeróbia. Nas demais silagens, os aumentos observados foram conseqüência das perdas de matéria seca durante a exposição aeróbia, propiciando assim elevação proporcional dos teores de PB.

Em relação aos teores de N-FDN, apresentados na Tabela 13, pode-se observar efeito dependente dos teores de PB, a exemplificar pelas silagens de cana-de-açúcar crua e tratadas com uréia, onde foi observada redução dos teores de PB, com conseqüente elevação dos teores de N-FDN, possivelmente nessas silagens ocorreu consumo de nitrogênio não protéico pelos microrganismos deterioradores.

Em relação a FDN, observou-se aumento proporcional nos teores desse parâmetro em todas as silagens produzidas de cana-de-açúcar crua, já nas silagens de cana-de-açúcar crua esse efeito foi observado nas silagens tratadas com NaOH ou BUCH, sendo que nas demais ocorreu redução dos teores. Vale ressaltar que as reduções encontradas foram inferiores a duas unidades percentuais, acredita-se que pode ter havido pequeno consumo da fração fibrosa dessas silagens, principalmente pela possível atuação de fungos filamentosos (ZADRAZIL, 1984).

Tabela 13. Teores de proteína bruta (PB%), nitrogênio ligado à fibra em relação ao nitrogênio total (N-FDN%), fibra em detergente neutro (FDN%), fibra em detergente ácido (FDA%), lignina (LIG%) e valores de digestibilidade verdadeira *in vitro* da matéria seca (DVIVMS%) após cinco dias de exposição aeróbia, em função do efeito da queima e do tratamento com aditivos químicos e bacterianos na ensilagem da cana-de-açúcar.

Tratamentos	PB (%)			N-FDN (% do N-total)		
	Crua	Queimada	Média	Crua	Queimada	Média
Controle	3,4 Ab	2,4 Bb	2,9 b	29,8 Aabc	34,5 Abc	32,2 b
Benzoato (0,1%)	2,7 Ac	2,2 Bb	2,4 c	27,4 Bbc	37,1 Aabc	32,2 b
Uréia (1,5%)	8,8 Ba	14,5 Aa	11,6 a	17,1 Ad	7,2 Bd	12,1 c
NaOH (1,0%)	2,9 Abc	2,3 Bb	2,6 bc	35,8 Ba	41,4 Aab	38,6 a
PROP ¹	2,8 Abc	2,6 Ab	2,7 bc	33,5 Bab	44,1 Aa	38,8 a
BUCH ²	2,7 Ac	2,4 Ab	2,5 bc	24,8 Bc	33,2 Ac	29,0 b
Média	3,9 B	4,4 A	4,1	28,1 B	32,9 A	30,5
CV (%)			6,48			9,22
	FDN (%)			FDA (%)		
Controle	80,3	72,8	76,6 ab	67,8 Aa	45,5 Bc	56,6 b
Benzoato (0,1%)	70,3	66,4	68,4 c	61,2 Abc	50,6 Bbc	55,9 bc
Uréia (1,5%)	77,2	70,9	74,0 b	62,5 Aab	55,7 Bab	59,1 ab
NaOH (1,0%)	61,5	53,4	57,5 e	52,7 Ad	45,3 Bc	49,0 d
PROP ¹	79,4	75,4	77,4 a	66,9 Aa	56,2 Ba	61,5 a
BUCH ²	67,7	61,6	64,7 d	55,9 Acd	48,6 Bc	52,3 cd
Média	72,7 A	66,8 B	69,7	61,2 A	50,3 B	55,7
CV (%)			2,04			3,96
	Lig (%)			DVIVMS (%)		
Controle	13,1 Aa	8,2 Bb	10,6 ab	33,7 Bd	43,3 Ac	38,5 d
Benzoato (0,1%)	9,8 Acd	9,2 Aab	9,5 bc	43,9 Abc	45,4 Abc	44,7 c
Uréia (1,5%)	11,7 Aabc	10,6 Aa	11,1 a	41,0 Ac	41,7 Ac	41,4 cd
NaOH (1,0%)	8,8 Ad	7,9 Abc	8,4 c	60,6 Aa	62,1 Aa	61,4 a
PROP ¹	12,0 Aab	9,8 Bab	10,9 ab	37,9 Acd	39,8 Ac	38,9 d
BUCH ²	10,3 Abcd	6,3 Bc	8,3 c	48,2 Ab	51,0 Ab	49,6 b
Média	10,9 A	8,7 B	9,8	44,2 B	47,2 A	45,7
CV (%)			7,78			5,39

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferiram estatisticamente pelo teste Tukey (P<0,05).

¹ *Propionibacterium acidipropionici* + *Lactobacillus plantarum*

² *Lactobacillus buchneri*

Os teores de FDA nas silagens após cinco dias de aeração (Tabela 14), de maneira geral, elevaram-se em relação aos observados após a abertura. A elevação pode ser atribuída ao efeito de diluição, pois segundo JOBIM & GONÇALVES (2003) ocorre consumo de carboidratos solúveis durante a exposição aeróbia. Apenas nas silagens controle de cana-de-açúcar queimada observou-se redução de 6,7 unidades percentuais.

Com exceção das silagens de cana-de-açúcar queimada, controle, inoculadas com PROP e BUCH, observou-se aumento nos teores de LIG. Não foi encontrada na literatura consultada uma possível explicação para essas reduções.

Vários autores relatam redução do valor nutritivo da forragem durante a exposição aeróbia (JOBIM & GONÇALVES, 2003, NUSSIO et al., 2002b). Entretanto, foi observado em algumas silagens aumento da digestibilidade durante essa fase. Deve-se avaliar esses aumentos ocorridos com cautela, pois a digestibilidade no presente trabalho foi realizada “in vitro”. No trabalho de BOLSEN et al. (2002) foi avaliado o efeito da inclusão de silagens deterioradas, nas proporções de 0, 25, 50 e 75%, na dieta de bovinos sobre a ingestão de matéria seca, digestibilidade da matéria seca, da FDN e da PB. Os autores observaram redução em todos os parâmetros avaliados a medida que a proporção de silagem deteriorada aumentou na dieta.

4. Conclusões

A ensilagem da cana-de-açúcar sem aditivos crua ou queimada é uma estratégia que apresenta grandes perdas quantitativas e qualitativas, que devem ser evitadas pelos produtores.

O aditivo NaOH e a bactéria *L. buchneri* foram os aditivos mais eficientes em controlar as perdas durante o processo fermentativo da ensilagem da cana-de-açúcar crua ou queimada.

O microrganismo *L. buchneri* e o benzoato de sódio foram os aditivos mais efetivos no controle das alterações durante a exposição aeróbia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÁNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA, A. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.323-331, 1989.

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.

ALVAREZ, F.J.; PRESTON, T.R. Ammonia/molasses and urea/molasses as additives for ensiled sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.1, p.98-104, 1976.

ALVAREZ, F.J.; PRIEGO, A.; PRESTON, T.R. Animal performance on ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, v.2, p.2-33, 1977.

ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr., E. Composição química da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e diferentes doses de hidróxido de sódio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD-ROM.

BERNARDES, T. F., REIS, R. A., SIQUEIRA, G. R. AMARAL, R. C., PIRES, A. J. V. Uso de benzoato de sódio na ensilagem de capim-Marandu: Estabilidade aeróbia da ração total e da silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD ROM.

BERNARDES, T.F. **Características fermentativas, microbiológicas e químicas do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hoschst ex. A. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada.** 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.

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

BOLSEN, K.K.; WHITLOCK, L.A.; URIARTE-ARCHUNDIA, M.E. Effect of surface spoilage on the nutritive value of maize silage diets. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13, 2002, Auchincruive. **Processing...** Auchincruive: SAC, p.78-79, 2002.

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

CASTRO NETO, A.; FERREIRA, D.A.; MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C; BORGES, I.; NUNES, W.N. Avaliação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos: II Proteína bruta, frações fibrosas e digestibilidade "in vitro" da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD-ROM.

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

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. **Scientia Agricola**, v.60, p.221-229, 2003.

COSTA, C.; MONTEIRO, A.L.G.; BERTO, D.A.; ALMEIDA Jr., G.A.A.; LOPES, A.B.R.C. Impacto do uso de aditivos e/ou inoculantes comerciais na qualidade de conservação e no valor alimentício de silagens. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U; DAMASCENO, J.C.; SANTOS, G.T. (Ed) **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**. Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001, p.87-126.

COSTA, H.N. **Efeito do ambiente ruminal sobre a degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar**. 2002. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

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

DAVIDSON, P. M. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds. In: DOYLE, M. P.; BEUCHAT, L. R.; MONTEVILLE, T. J. (Ed.) **Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers**. Washington: ASM Press, 1997, p. 520-556.

DAWSON, T. E.; RUST, S. R.; YOKOYAMA, M. T. Improved fermentation and aerobic stability of ensiled, high moisture corn with use of *Propionibacterium acidipropionici*. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.1015-1021, 1998.

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

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

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A **Silagens: do cultivo ao silo** (1 ed). Lavras: UFLA, 2000. 196p.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A.; SIQUEIRA, G. R.; SANTOS, R.V.; SANTANA, R.A.V.; LOPES, J. 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: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD-ROM.

FILYA, I. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.3575-3581, 2003.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. **Journal Applied Microbiology**, v.97, p.818-821, 2004.

FLORES-GALARZA, R. O.; GLATZ, B.A.; BERN, C.J.; VAN FOSSEN, L.D. Preservation of high-moisture corn by microbial fermentation. **Journal Food Protection**, v.48, p.407-411, 1985.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D.; SILVA, C.J.; SILVA, L.O.; MOREIRA, M.S. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com dois inoculantes e enriquecida com resíduo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

HERNANDEZ, M.R. **Desempenho e digestibilidade aparente de cana-de-açúcar com bovinos**. 1998. 69f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

HIGGINBOTHAM, G. E.; MULLER, S. C.; BOLSEN, K. K.; DePETERS, E.J. Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2185-2192, 1998.

HILL, J.; LEAVER, J.D. Changes in chemical composition and nutritive value of urea treated whole crop wheat during exposure to air. **Animal Feed Science Technology**, v.102, p.181-195, 2002.

HUBER, J.T.; SANTANA, O.P. Ammonia-treated corn silage for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.489-492, 1971.

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

KAISER, E.; WEIß, K; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13, 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: SAC, p.344-358, 2002.

KROONEMAN, J.; FABER, F.; ALDERKAMP, A.C.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; CLEENWERCK, I.; SWINGS, J.; GOTTSCHAL; VANCANNEYT, M. *Lactobacillus diolivorans* sp. nov., a 1,2-propanediol-degrading bacterium isolated from aerobically stable maize silage. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, v.52, p.639-646, 2002.

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

KUNG Jr., L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p.1149-1155, 2001.

KUNG Jr., L.; STANLEY, R.W. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Jornal Animal Science**. v. 54, p. 689-696, 1982.

KUNG Jr., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

LÄTTEMÄE, 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.

LEHNINGER, A. L. **Principles of Biochemistry**. New York: Worth Publishers, 1982. 1010p.

LESSARD, J.R.; ERFLE, J.D.; SAUER, F.D.; MAHADEVAN, S. Protein and amino acid patterns in maize ensiled with or without urea. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.29, p.506-512, 1978.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G; SIQUEIRA, G.R.; SANTANA, R.A.V. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com uréia ou farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. CD-ROM.

LÓPEZ, J.M.; PRESTON, T.R. Rock phosphate, ammonium sulphate and ammonium hydroxide as additives in the ensiling of sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.2, p.328-333, 1977.

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

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of Applied Bacteriology**, v.55, p.453-460, 1983.

MUCK, R. E., PITT, R. E., LEIBENSPERGER, R. Y. A model of aerobic fungal growth in silage. 1. Microbial characteristics. **Grass and Forage Science**, v.46, p.283-296, 1991.

NIEBLAS, T.D.; SHIMADA, A.S.; PALACIOS, J.T. Manipulación de la fermentación en ensilaje de caña de azúcar y valor alimenticio para borregos. 3. Digestibilidad aparente. **Veterinaria México**, v.13, p.23-26, 1982.

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

NUSSIO, L. G., CAMPOS, F. P., PAZIANI, S. de F., SANTOS, F. A. P. Volumosos suplementares – estratégia de decisão e utilização. In: EVANGELISTA, A.R.; SILVEIRA, P.J.; ABREU, J.G. **Forragicultura e pastagens: Temas em evidência**, Lavras: Editora UFLA, 2002a. p.193-232.

NUSSIO, L. G., PAZIANI, S. F., NUSSIO, C. M. B. Ensilagem de capins tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002b. p. 60-99.

NUSSIO, L.G.; ROMANELLI, T.L.; ZOPOLLATTO, M. Tomada de decisão na escolha de volumosos suplementares para bovinos de corte em confinamento. In: CBNA (Ed.). **V Simpósio Goiano sobre manejo e nutrição de bovinos de corte e leite**. Campinas: CBNA, 2003a. p.1-14.

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. (Ed) **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: Temas em evidência - Sustentabilidade**. Lavras: Editora UFLA, 2003b. p. 49-72.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; GOMES, S.T.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS, A.J.; TEIXEIRA, R.M.A.; MOREIRA, L.M.; OLIVEIRA, G.S.; RIBEIRO, G.D. Análise econômica e de sensibilidade da substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar corrigida em dietas de vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004b. CD-ROM.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOESTRA, S.F.. Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE ON TROPICAL SILAGE. Rome: FAO, 1999. p.17-30.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F.; FABER, F.; DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, p.125–132, 2001.

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

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.

PEDROSO, A.F., L. G. NUSSIO, S. F. PAZIANI; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; MARI, L.J.; COELHO, R.M.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; HORII, J. Bacterial inoculants and chemical additives to improve fermentation in sugar cane (*Saccharum officinarum*) silage. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13, 2002, Auchincruive. **Processing...** Auchincruive: SAC, p.68-69, 2002.

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; RUGGIERI, A.C.; CARVALHO, G.G.P.; ALMEIDA, E.O. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROM.

PITT, R. E., MUCK, R. E., PICKERING, N. B. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v.46, p.301-312, 1991.

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

PRESTON, T. R.; HINOJOSA, C.; MARTINEZ, L. Ensiling of sugar cane with ammonia molasses and mineral acids. **Tropical Animal Production**, v.1, p.120-126, 1976.

PRESTON, T.R. Analytical methods for characterizing In: Feed resources for ruminants. Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines. 2 A practical manual for research workers. Rome: FAO, p.106, 1986.

PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, p.877-883, 1982.

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

REIS, R.A., RODRIGUES, L.R.A. Aditivos para a produção de fenos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998 Botucatu. **Anais...**, Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. p.109-152.

ROCHA Jr., V.R.; VALADARES FILHO, S.C.; BORGES, A.M.; MAGALHÃES, K.A.; FERREIRA, C.C.B.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.473-479, 2003.

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

ROOKE, J.A.; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

SANTOS, R.V. **Silagem de cana-de-açúcar em duas idades de corte com diferentes aditivos**. 2004. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

SCHIMDT, P.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; PAZIANI, S.F.; MARI, L.J.; LOURES, D.R.S.; JUNQUEIRA, M.C. Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar inoculadas com doses de *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004a. CD-ROM.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A.A.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, P.M.; SILVA, C.E. 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, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004b. CD-ROM.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa:UFV, 2002. 235p.

SILVA, S.A.R.; ROSA, B.; REIS, R.A.; DESCHAMPS, F.C. Eficiência fermentativa da silagem de cana-de-açúcar ensilada com diferentes aditivos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. CD-ROM.

SILVESTRE, R.; McLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. The performance of steers fed fresh chopped whole sugar cane or after ensiling with urea or ammonia. **Tropical Animal Production**, v.3, p.69-75, 1976.

SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.M. Ammonia treatment. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed). **Straw and other fibrous products as feed.** Amsterdam: Elsevier, 1984, p.196-247.

TETLOW, R.M.; MASON, V.C. Treatment of whole-crop cereals with alkali. 1. The influence of sodium hydroxide and ensiling on the chemical composition and in vitro digestibility of rye, barley and wheat crops harvested at increasing maturity and dry matter content. **Animal Feed Science Technology**, v.18, p.257-269, 1987.

TETLOW, R.M.; MASON, V.C.; DESCHARD, G. Treatment of whole-crop cereals with alkali. 2. Voluntary intake and digestibility by sheep of rye, barley and wheat crops ensiled with sodium hydroxide. **Animal Feed Science Technology**, v.18, p.271-281, 1987.

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

TORRES, R.A.; COSTA, J.L. Uso da cana-de-açúcar na alimentação animal. In: EVANGELISTA, A.R.; SALES, E.C.J.; SIQUEIRA, G.R.; LIMA, J.A. (Ed) **Simpósio de forragicultura e pastagens: temas em evidência**. Lavras: Editora UFLA, 2001, p.1-14.

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

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

WALKER, G. M. **Yeast physiology and biotechnology**. London: Wiley Editorial Offices, 1998, 350p.

WARTH, A.D. Effect of benzoic acid on growth yield of yeast differing in their resistance to preservatives. **Applied and Environmental Microbiology**, v.54, p.2091-2095, 1988.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; BOLSEN, K.K.; PAHLOW, G.; HEN, Y; AZRIELI, A. The effect of a propionic acid bacterial inoculant applied at ensiling, with or without lactic acid bacteria, on the aerobic stability of pearl millet and maize silages. **Journal of Applied Bacteriology**, v.78, p.430-436, 1995.

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

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

WILKINSON, J.M. Ensiling with sodium hydroxide. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed). **Straw and other fibrous products as feed**. Amsterdam: Elsevier, 1984, p.181-195.

WOOLFORD, M. K., WHITE, J., BOLSEN, K., LIN, C. J. Benzoic, sorbic acids improve silage stability. **Feedstuffs**, April, p.11-13, 2001.

WOOLFORD, M.K. Microbiological screening of food preservatives, cold sterilants and specific antimicrobial agents as potential silage additives. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v.26, p.229-237, 1975.

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

ZADRAZIL, F. Microbial conversion of lignocelulose into feed. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed). **Straw and other fibrous products as feed**. Amsterdam: Elsevier, 1984, p. 276-292.