



HIDRÓXIDO DE CÁLCIO (Ca(OH)_2) E BACTÉRIAS HETEROFERMENTATIVAS COMO ADITIVOS EM SILAGENS DE CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) E SEUS EFEITOS SOBRE A COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E DINÂMICA FERMENTATIVA

Renata de Freitas Ferreira Mohallem¹, Daniel Fernandes Mohallem², Maiana Visoná-Oliveira³

1. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro e Doutoranda em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (renataffm@yahoo.com.br)
2. Mestre em Ciências Veterinárias pela Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia
3. Doutoranda em Ciências Veterinárias da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia
Rua Silva Jardim, 502 apto 502 CEP: 38400-208
Uberlândia - Brasil

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar as características de fermentação e qualidade nutricional das silagens de cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, ensilada pura (tratamento controle-T1), com inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas- T2), inoculadas com bactérias heteroláticas (*Lactobacillus buchneri*- T3), ou tratadas com hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) em inclusões de 0,8% (T4), 1,3% (T5) e 1,8% (T6) a massa verde. Avaliou-se a composição química bromatológica, pH, ácidos graxos voláteis, etanol, nitrogênio amoniacal, digestibilidade *in vitro* (DIVMS) e recuperação de matéria seca (RMS) num delineamento estatístico inteiramente casualizado composto de 6 tratamentos e 3 repetições cada. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram desempenho semelhante ao T1 para todas as variáveis da composição bromatológica das silagens. Silagens contendo aditivos alcalinos (Ca(OH)_2) foram mais eficientes na redução dos componentes da parede celular da cana-de-açúcar em relação ao T1, melhorando a DIVMS. Ao avaliar a RMS e as perdas fermentativas no processo de ensilagem, verificou-se mais uma vez muita semelhança do T1 com a silagem T2, exceto o teor de etanol que foi menor em T2. Fato que não indica superioridade desta silagem em relação ao controle, uma vez que as RMS e DIVMS foram consideradas iguais estatisticamente ao T1. Silagens inoculadas com *L. buchneri*- T3 reduziram o teor de etanol e apresentaram boa RMS, mas não superaram os resultados apresentados pelos tratamentos com hidróxido de cálcio. Os tratamentos T4, T5 e T6 foram eficientes em controlar a fermentação alcoólica, associada à menor perda de MS e produção controlada de ácidos orgânicos semelhante aos teores relatados na literatura.

PALAVRAS- CHAVE: Cana-de-açúcar, hidrólise, hidróxido de cálcio, inoculante, *L. buchneri*, *Propionibacterium* sp, silagem.

CALCIUM HYDROXIDE (Ca(OH)₂) AND HETEROFERMENTATIVE BACTERIA AS ADDITIVE IN SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.) SILAGE AND ITS EFFECTS ON THE BROMATOLOGICAL VALUES AND FERMENTATIVE DYNAMICS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of biological and chemical additives on the fermentative characteristics and nutritional quality of sugarcane (IAC 862480) silages. The trial was carried out in a completely randomized experimental design with factorial scheme of six treatments and three replicates per treatment. The treatments were based on the sugarcane silage additive: heterolactic bacteria (*Lactobacillus buchneri*), bacteria + enzyme (*Propionibacterium* sp associated with amylolytic enzymes), 0,8% Ca(OH)₂, 1,3% Ca(OH)₂, 1,8% Ca(OH)₂ and crude sugarcane silage (control treatment). The treatments with *Propionibacterium* sp and amylolytic enzymes and with *L. buchneri* had bromatological results similar to the control treatment. The *Propionibacterium* sp and amylolytic enzymes silages showed lower ethanol levels when compared to the crude sugarcane silage. However, this fact does not indicate the superiority of *Propionibacterium* sp additive compared to control, since the dry matter recovery and the dry matter *in vitro* digestibility did not differed statically (P > 0,05) from the control treatment. Silages inoculated with *L. buchneri* reduced the level of ethanol and showed good dry matter recovery, but did not surpass the results presented by treatments with hydrated lime. Silages with alkaline additives (calcium hydroxide) were more effective in reducing the sugarcane's cell wall compounds than the control treatment, improving the dry matter *in vitro* digestibility. Treatments with calcium hydroxide were effective in controlling the alcoholic fermentation and had lower loss of dry matter.

KEYWORDS: Calcium hydroxide, hydrolysis, inoculants, *L. buchneri*, *Propionibacterium* sp, silage, sugarcane.

INTRODUÇÃO

Como planta forrageira, a cana-de-açúcar tem como vantagens o fácil cultivo, o grande volume de produção no período de escassez de forragens verdes, a boa aceitação animal e o baixo custo por tonelada de matéria seca (MS) (DOMINGUES et al., 2011; MURARO et al., 2009). Em desvantagem, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal.

Fatores como excesso de produção, pouca disponibilidade de mão-de-obra e máquinas para o seu corte diário, necessidade de colheita no momento de melhor qualidade nutricional, ou antecipação de colheita em casos de reforma, obter uniformização da rebrota, minimização das sobras de um ano para o outro, racionalização de mão de obra, controle de risco de perda por fogo ou geada e padronização da adubação e uso de herbicidas, podem favorecer uma decisão pela sua ensilagem, apesar da menor digestibilidade e consumo da cana ensilada, quando comparada com a cana *in natura* (SCHMIDT et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2012).

As silagens de cana de açúcar apresentam intensa atividade de leveduras que convertem açúcares em etanol, dióxido de carbono e água, causando reduções de até 70% no teor de carboidratos solúveis, aumento nos componentes da parede celular e perdas de matéria seca (BALIEIRO NETO et al., 2009). Devido às perdas inerentes a este processo tem sido constante a indicação do uso de aditivos para reduzi-las (SCHMIDT et al., 2011). A busca por novos aditivos ou por combinações de produtos que apresentem efeito sinérgico na prevenção de perdas durante a ensilagem de cana-de-açúcar mantém-se em destaque entre as pesquisas sobre forragens conservadas no Brasil, com intuito de elevar o número de informações que esclareçam a dinâmica fermentativa desse material. Os resultados mais promissores foram encontrados quando utilizado óxido de cálcio e *Lactobacillus buchneri* (SCHMIDT et al., 2011; SIQUEIRA et al., 2012; ZOPOLATTO et al., 2010).

Existem demonstrações que a ensilagem da cana-de-açúcar sozinha ocasiona redução acentuada no seu valor nutritivo. As recuperações de MS observadas nas silagens tratadas com NaOH ou *L. buchneri* foram de 84%, enquanto das silagens controle, 69% (SIQUEIRA et al., 2010).

BALIEIRO NETO et al. (2009) observaram redução nos constituintes da parede celular e aumento na digestibilidade in vitro (DIVMS) das silagens, decorrente dos níveis crescentes (0,5; 1,0 e 2,0%) de cal virgem aplicados.

Aditivos contendo bactérias heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri* e *Propionibacterium* sp) que produzem ácido acético, além do ácido láctico, melhoram a estabilidade aeróbia das silagens em razão do maior poder do ácido acético de inibir o crescimento de leveduras e mofos (PEDROSO, 2003).

O objetivo neste trabalho foi estudar as características de fermentação e qualidade nutricional das silagens de cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, comparando-se a inoculação com bactérias heteroláticas ou heterofermentativas, inoculante bacteriano/enzimático ou tratadas com hidróxido de cálcio.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado em Uberlândia- MG, município localizado na região nordeste do Triângulo Mineiro, que possui clima semitropical, que se caracteriza por alternância de invernos secos e verões chuvosos.

As silagens foram confeccionadas com cana de açúcar variedade IAC 862480, colhida manualmente aos 18 meses de crescimento (segundo corte), fornecidas pela Fazenda Douradinho - Água Comprida, localizada também no município de Uberlândia. Este canavial foi adubado somente na sua formação. Uma picadora estacionária, marca Mentamint®, tracionada por um trator, foi regulada para picar entre 5 e 10 mm.

A cana-de-açúcar colhida, picada e submetida aos seguintes tratamentos: Controle, somente silagem (T1); Inoculante bacteriano/enzimático *Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas - dose de $1,5 \times 10^5$ ufc/g de massa verde (T2); Inoculante bacteriano *L. buchneri* - dose de $5,0 \times 10^4$ ufc/g de massa verde (T3); 0,8% de cal hidratada (produto comercial) (T4); 1,3% cal hidratada (produto comercial) (T5) e 1,8% cal hidratada (produto comercial) (T6).

Porções de 50 kgs de cana-de-açúcar fresca picada receberam suas respectivas doses de tratamento, em piso de cimento. Todos os aditivos foram diluídos em água. Após aplicação dos aditivos por meio de borrifadores manuais, o material foi revolvido inúmeras vezes para se atingir uma boa homogeneidade da massa. Como prevenção à inter-contaminação dos tratamentos, os borrifadores

foram trocados entre as aplicações.

O tratamento T3 com o *L. buchneri* cepa NCIMB40488, seguiu a recomendação do fabricante. De acordo com as especificações do produto, 2 g diluídas em 5 litros de água é o suficiente para garantir a inoculação de $5,0 \times 10^4$ ufc/g de massa verde em uma tonelada de forragem. Assim como o tratamento com *Propionibacterium* sp, 2 g diluídas em dois litros de água inoculam eficientemente ($1,5 \times 10^5$ ufc/g) uma tonelada de matéria original.

Para os tratamentos com hidróxido de cálcio, os produtos foram diluídos em água (2 litros) para atingir as concentrações determinadas (0,8%, 1,3% e 1,8%) na massa verde. A cal hidratada calcítica utilizada é devidamente registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para tratamento de água potável, indústrias químicas, etc. De acordo com os níveis de garantia do fabricante, a cal hidratada, apresentava no mínimo de 90,00% de hidróxido de cálcio e máximo de 1,00% de óxido de magnésio total.

Foram utilizados 18 silos de laboratório, de PVC, com capacidade de 4 litros cada. Estes foram pesados vazios, preenchidos com o material tratado, compactados, identificados e fechados com fita adesiva. Os silos de laboratório foram acondicionados, em local coberto, a temperatura ambiente. Na tampa de cada silo foi adaptada uma válvula, do tipo Bulten, para permitir o escape dos gases formados durante a fermentação.

Para se estabelecer uma padronização nas densidades dos diferentes tratamentos, camadas de 5 cm de forragem eram compactadas com um bastão de madeira para atingir densidade adequada, de maneira uniforme entre os tratamentos.

Durante este processo de enchimento foram retiradas amostras para determinação de matéria seca e pH. Os silos foram pesados depois de preenchidos e fechados. Os pesos individuais dos silos, o peso líquido dos silos cheios após a compactação não apresentaram diferença estatística entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os 18 silos de PVC foram abertos aos 45 dias após a ensilagem, e os pesos líquidos finais também não apresentaram diferença estatística entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. Após a retirada da silagem, as extremidades foram descartadas e o conteúdo foi homogeneizado. De cada tratamento, foram recolhidas cinco amostras de aproximadamente 500g. Uma amostra de cada tratamento foi enviada para avaliação imediata do pH. As demais amostras foram congeladas a -20°C para posteriores análises bromatológicas e químicas e contraprova.

As 18 amostras de cana-de-açúcar colhidas no momento da ensilagem e após a abertura dos silos foram secas em estufa a 62°C por 72 horas e moídas em moinho contra peneira de crivos de 1 mm e armazenadas. As amostras processadas serviram de material para a análise bromatológica do Laboratório de Nutrição Animal da FAMEV-UFU. Foram analisadas as concentrações de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), análise das frações minerais de cálcio (Ca) e Fósforo (P), conforme SILVA (1990). Os teores de fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) foram avaliadas pelo método sequencial segundo ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Os teores de hemicelulose foram calculados por diferença entre FDN e FDA, os de lignina pela diferença entre FDA e CEL e a matéria orgânica pela diferença entre MS e MM. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos conforme MCDOWELL et al. (1974).

Os 6 tratamentos, contendo 3 silos de PVC cada, foram avaliados quanto as

perdas de matéria seca e gás, através da variável Recuperação de Matéria Seca (RMS). Calcularam-se as perdas de matéria seca pela diferença entre o peso bruto inicial e o final dos silos experimentais, em relação à quantidade de forragem ensilada (MS). O Índice de Recuperação de Matéria Seca (JOBIM et al., 2007), foi calculado empregando a seguinte equação:

$$\text{RMS} = (\text{MFab} \times \text{MSab}) / (\text{MFfe} \times \text{MSfe}) \times 100$$

Onde:

RMS = índice de recuperação de matéria seca;

MFab = massa de forragem na abertura;

MSab = teor de MS na abertura;

MFfe = massa de forragem no fechamento;

MSfe = teor de MS da forragem no fechamento.

O padrão de fermentação das silagens foi analisado pelo Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG. Isto foi feito por meio da determinação do pH, dos ácidos graxos voláteis (AGV's), etanol e do nitrogênio amoniacal da amostra e da matéria seca. Os AGV's foram determinados pela cromatografia em gás líquido.

Uma amostra foi utilizada para extração do suco, por meio de prensa hidráulica, que foi mantido congelado em *freezer*, para determinação dos teores dos ácidos acético, propiônico, butírico e láctico e da concentração de álcool etílico. Para análise do nitrogênio amoniacal, por meio da destilação com cloreto de cálcio e óxido de magnésio, utilizando-se o ácido bórico como solução receptora e o ácido clorídrico para a titulação e a determinação do pH (o suco das silagens foi utilizado imediatamente após sua extração). O teor de nitrogênio amoniacal foi inicialmente expresso em miligramas por 100 ml de suco de silagem (N-NH₃, em mg%). Após as análises de matéria seca e proteína bruta, o nitrogênio amoniacal foi expresso como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃ /NT).

As amostras foram avaliadas ainda quanto à digestibilidade *in vitro*. Esta análise consistiu em colocar amostras de forrageiras em contato com o líquido de rúmen acrescido de um tampão (inóculo) no interior de um tubo de ensaio. Assim, tentou-se simular o que ocorre *in vivo*, reproduzindo as condições predominantes no rúmen-retículo, com a presença de microorganismos, anaerobiose, temperatura de 39°C, poder tampão e pH de 6,9. O processo de fermentação ocorreu durante 24 a 48 horas. Estas análises de DIVMS também foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG.

Os resultados das análises bromatológicas e químicas dos tratamentos foram comparados com vistas a determinar a qualidade do volumoso. O delineamento estatístico utilizado para a avaliação das silagens foi inteiramente casualizado, sendo 6 tratamentos e três repetições. Os resultados das variáveis acompanhadas foram submetidas à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (FERREIRA, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química bromatológica e valor nutritivo das silagens

A composição química bromatológica da cana-de-açúcar fresca utilizada nos diversos tratamentos deste experimento esta apresentada na Tabela 1.

TABELA 1. Composição química da cana-de-açúcar in natura IAC 862480, utilizada na silagem (base seca).

Variável	Cana-de-açúcar
MS (%)	30,2
PB (%)	2,56
EE (%)	0,85
MM (%)	2,4
MO (%)	27,8
Ca (%)	0,18
P (%)	0,07
FDA (%)	26,10
FDN (%)	50,85
LIG (%)	5,78
CEL (%)	27,7
HEM (%)	24,75
NDT (%)	69,83

Os valores encontrados para MS, PB e FDN estão coerentes com os dados apresentados SMITH et al. (2011). Valores baixos de minerais como Ca e P foram encontrados neste experimento (MOTA et al., 2010). Esta variedade apresentou valor de NDT superior aos encontrados por SANTOS et al. (2012) e OLIVEIRA et al. (2007), que encontraram valores médios de 60% de NDT.

Os resultados da MS no momento da ensilagem e o conteúdo de MS das silagens após abertura dos silos (Tabela 2), nos diversos tratamentos não apresentaram diferença estatística entre si ($P>0,05$), através do teste de correlação linear (FERREIRA, 1999).

TABELA 2. 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.

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
MS (%) ensilagem	30,20 ^{A,a}	28,63 ^{A,a}	29,06 ^{A,a}	28,95 ^{A,a}	29,43 ^{A,a}	30,84 ^{A,a}	-
MS(%) abertura	20,41 ^{A,b}	18,89 ^{A,a}	24,40 ^{A,c}	27,3 ^{A,d}	28,10 ^{A,d}	29,45 ^{A,e}	1,63

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha e letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

Com relação ao teor de MS na abertura das silagens, todos os tratamentos apresentaram diferenças entre si ($P< 0,05$), provenientes das perdas de MS durante a fermentação, exceto T4 e T5 que se mostram iguais estatisticamente ($P>0,05$). Sendo que o tratamento T6 apresentou maiores médias de MS (29,45%), e as silagens com inoculantes bacterianos/enzimáticos (T2), que apresentaram menor média (18,89%). Este fato pode ser explicado pelo tratamento T2

ser inoculado com bactérias do gênero *Propionibacterium* sp, que são inibidas em pH inferior a 4,2–4,5 (SCHMIDT et al., 2011) resultando em uma maior atividade de leveduras, o que pode ter acarretado perdas gasosas em maior escala e elevado consumo de carboidratos solúveis. ITAVO et al. (2010) não observaram queda nos teores de MS na ensilagem de cana com o mesmo inoculante, em pH de 4,0.

O teor de MS das silagens aumentou linearmente com o nível de cal. A recuperação da matéria seca (RMS) dos tratamentos alcalinos apresentou-se maior e as perdas por gás e produção de efluentes menores (Tabela 6), evidenciando ação benéfica da cal no controle de leveduras ocasionando menor redução nos teores de carboidratos solúveis durante o processo fermentativo. O conteúdo de matéria seca determina as alterações que podem ocorrer durante o processo de fermentação da forragem. Silagens com menos de 30% de MS podem apresentar elevadas quantidades de efluentes e altos teores de nitrogênio amoniacal, resultante da ação de *Clostridium* (MURARO et al., 2009). Segundo AMARAL et al. (2009), ensilando cana-de-açúcar sem aditivo ou tratada com 1,0% (massa verde) de cal virgem ou calcário, os teores de MS também aumentaram linearmente nas silagens tratadas, sendo maior com 1% de calcário (32,1%) ou com 1% de cal virgem (30,5%) comparadas a silagem controle (28,3%).

Os resultados da PB, MM, Ca e P das silagens após abertura dos silos, nos diversos tratamentos estão descritos na Tabela 3.

TABELA 3. Valor de PB, MM, Ca e P das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca).

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
PB (%)	2,19 ^d	2,11 ^d	2,16 ^d	1,9 ^c	1,7 ^b	1,44 ^a	2,99
MM (%)	3,11 ^b	2,75 ^{a, b}	2,61 ^a	4,66 ^c	5,37 ^d	5,97 ^e	3,36
Ca (%)	0,23 ^b	0,20 ^a	0,20 ^a	0,29 ^c	0,32 ^d	0,36 ^e	4,02

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

No momento da abertura dos silos, os teores de PB não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) entre T1, T2, e T3. Mas decresceram linearmente e foram estatisticamente diferentes ($P < 0,05$), à medida que se aumentou o teor de hidróxido de Ca, em T4 (1,9%), T5 (1,7%) e T6 (1,44%), semelhantes a dados apresentados por outras pesquisas (FERREIRA et al., 2007; SANTOS, 2007). VALERIANO et al. (2009) afirmaram que a rápida queda no pH das silagens de cana impede o crescimento de microrganismos que degradam proteínas, como enterobactérias e clostrídeos, o que explica a não-redução nos teores de PB em silagens com inoculantes e a redução nos tratamentos com aditivos alcalinos. No entanto, SCHMIDT et al. (2011) e Siqueira (2009) observaram que o teor proteico da silagem inoculada com *L. buchneri* foi superior ao da silagem controle, todavia, a fração protéica da cana é bastante limitada e a elevação nos teores protéicos das silagens em relação ao material original decorre das perdas de MS observadas nessas silagens.

Os valores de MM diferiram entre os tratamentos ($P < 0,05$) e foram maiores nas silagens tratadas com cal (T4, T5 e T6), variando entre 4,66% a 5,67% da MS.

Aumentou conforme foi se acrescentando a dose do composto químico, o que possivelmente está relacionado ao fato de os aditivos serem de origem mineral e apresentarem grande proporção desta fração em sua composição. SANTOS et al. (2009) também verificaram aumento no teor de cinzas em silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e calcário. Na silagem com 1,0% de cal virgem, os autores encontraram valor de 6,1%, ao passo que, na silagem contendo 1,0% de calcário, constatou-se valor de 4,7% de cinzas.

Os valores de cálcio apresentaram-se iguais estatisticamente ($P>0,05$) apenas entre o T2 e T3 (menores valores, ambos 0,20% da MS). Foram diferentes estatisticamente entre si ($P<0,05$) nos demais tratamentos. Seu valor foi maior no T4 (0,29%), T5 (0,32%) e T6 (0,36%), fato explicado pelo teor de Ca acrescentado pela cal (MOTA et al., 2011). Os teores de fósforo apresentaram maiores valores nos tratamentos com cal, e não apresentando diferença estatística entre estes tratamentos químicos (dados não apresentados no trabalho). Visto os resultados encontrados neste trabalho, não ocorre nenhum desbalanceamento de Ca: P, com adição de cal hidratada, nestas concentrações propostas no material ensilado, que possam vir a alterar o metabolismo do animal que irá consumir a silagem.

A composição da parte fibrosa das silagens em estudo está apresentada na Tabela 4, e são semelhantes aos relatados na literatura.

TABELA 4. Valores de FDA, FDN, LIG, CEL e HEM das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca).

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
FDA (%)	36,48 ^d	36,57 ^d	36,19 ^d	32,27 ^c	30,38 ^b	26,10 ^a	1,08
FDN (%)	54,89 ^d	55,47 ^{d, e}	54,98 ^{d, e}	47,83 ^c	46,96 ^b	42,56 ^a	0,38
LIG(%)	7,34 ^d	7,63 ^d	7,30 ^d	6,28 ^c	4,97 ^b	4,52 ^a	2,31
CEL (%)	30,96 ^{c, d}	30,49 ^{c, d}	31,04 ^d	30,37 ^c	29,70 ^b	28,96 ^a	0,79
HEM (%)	18,31 ^c	18,89 ^c	18,79 ^c	15,56 ^a	16,51 ^b	16,46 ^b	1,86

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P<0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

Os valores de FDA (Tabela 4) foram considerados iguais estatisticamente ($P>0,05$) entre o grupo controle (T1) e os dois grupos inoculados com aditivos biológicos (T2 e T3), corroborando com os achados de Ávila et al. (2008) e Schmidt et al. (2011). Apresentaram média de 36,48% de FDA, sendo valores maiores que os encontrados nos demais tratamentos.

Verificou-se elevação nos teores de FDN e FDA, respectivamente, da cana-de-açúcar antes e após a ensilagem (MURARO et al., 2009; SCHMIDT et al., 2011). Em silagens de cana-de-açúcar, aumentos percentuais da fração fibrosa do material ensilado em relação ao material original podem ser observados como resultado destes se tornarem mais concentrados na MS da silagem por perdas na forma de gases, em razão da fermentação alcoólica por leveduras (MURARO et al., 2009).

Os teores de FDA neste experimento foram decrescendo a medida que aumentou-se a dosagem da cal hidratada, sendo o menor valor obtido no T6. Os tratamentos químicos (T4, T5 e T6) foram diferentes estatisticamente ($P<0,05$) entre

si. Os tratamentos que apresentaram menores teores de FDA foram os que resultaram menores valores de FDN, LIG, CEL, HEM, ou seja, redução de todos os componentes da parede celular, e também maiores RMS (Tabela 6).

Os teores de FDN (Tabela 4) apresentaram diferença estatística ($P < 0,05$) entre os tratamentos T4, T5 e T6 (tratamentos com diferentes doses de cal hidratada). Sendo que o T6 apresentou menor concentração de FDN dentre todos os tratamentos (42,56%). As silagens inoculadas com agentes alcalinos apresentaram redução desta fração frente a silagem controle. MOTA et al. (2011) analisaram os efeitos do óxido de cálcio e hidróxido de cálcio, aplicados no momento da ensilagem na dose de 0,5% e também constataram, no momento da abertura dos silos, teores de FDN, FDA e HEM menores nas silagens com aditivo. A redução nessas frações resultou da solubilização parcial dos constituintes da parede celular, pois o efeito dos produtos alcalinos normalmente ocorre pela solubilização parcial da hemicelulose e pela expansão da celulose, o que facilita o ataque dos microrganismos do rúmen à parede celular. Santos et al. (2008), com a utilização de um alcalino (óxido de cálcio) também reduziram a concentração de componentes da parede celular nas silagens aditivadas em relação à silagem controle. Segundo estes autores, doses de 1,0% e 1,5% de CaO resultaram em silagens com menores valores de FDN (52,56% e 54,8% respectivamente) e menores valores de FDA (35,4% e 35,07%, respectivamente) quando comparados a silagens controle (67,1% e 43,78%, de FDN e FDA, respectivamente) e também em relação ao tratamento com inoculação de *L. buchneri* (65,12% e 47,78% de FDN e FDA, respectivamente). As diferenças numéricas entre os valores de FDN e FDA, apresentados neste trabalho, em relação à literatura comparada, podem ser justificadas pelo fato das variedades e a idade de corte das canas-de-açúcar utilizadas nos trabalhos confrontados serem diferentes.

Os valores de FDN do grupo controle (T1), T2 e T3 foram iguais estatisticamente entre si ($P > 0,05$), mas diferentes dos demais tratamentos com aditivos químicos. Segundo VAN SOEST (1994), a fração fibrosa do material ensilado pode ser acrescida percentualmente em condições de intensa formação de efluentes durante o processo fermentativo, no qual os componentes solúveis em água são reduzidos proporcionalmente ao aumento na fração menos fermentável insolúvel em água, particularmente os constituintes da parede celular. Pode-se apontar que neste trabalho, que os tratamentos T1, T2 e T3 provavelmente apresentaram maiores perdas por efluentes, visto o aumento nas frações FDN e FDA destes.

Outro componente da parede celular, a lignina apresentou diferença estatística entre os tratamentos ($P < 0,05$) alcalinos, conforme ilustrado na Tabela 4. Os tratamentos T1, T2 e T3 são iguais estatisticamente entre si ($P > 0,05$), apresentando valor médio de 7,3%, valor numérico superior ao encontrado na cana *in natura*.

Os tratamentos alcalinos foram diferentes estatisticamente dos outros tratamentos, que apresentaram redução da variável à medida que aumentou-se a adição de cal hidratada (BALIEIRO NETO et al., 2007). Dados divergentes dos teores de lignina apresentados neste trabalho foram descritos por AMARAL et al. (2009), onde as silagens controle e tratadas com 1,0% de cal virgem não diferiram estatisticamente e apresentaram valor médio de 7,2%. MOTA et al. (2010) também não observaram alteração neste composto. De acordo com KLOPFENSTEIN (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste leva ao aumento da taxa de digestão da fibra. A limitação da digestão deve-se à função física da lignina como substância que favorece a rigidez parietal, bem como

às características de suas ligações químicas com os polissacarídeos estruturais também conhecida como fração lignocelulósica, à inibição da atividade enzimática ou mesmo à inter-relação de todos estes fatores.

Os tratamentos T1, T2, T3 e T4, não apresentaram diferença estatística entre si ($P > 0,05$) quanto à variável celulose. T5 e T6 foram considerados estatisticamente diferentes dos demais tratamentos, apresentando um ligeiro decréscimo nos valores da fração celulósica à medida que se aumentou a dosagem de cal hidratada (29,70% e 28,96% respectivamente).

Em relação a variável hemicelulose, os tratamentos inoculados com bactérias (T2 e T3) apresentaram-se iguais estatisticamente ao controle ($P > 0,05$). Corroborando com VALERIANO et al. (2009) e SANTOS et al. (2008) que não verificaram diferença entre as silagens controle e silagens aditivadas com *L. buchneri* quanto à fração hemicelulose. Foi observada redução da fração HEM em T4, T5 e T6. Nas silagens tratadas com aditivos alcalinizantes, além do menor consumo de componentes solúveis, pode ter havido também hidrólise alcalina na porção fibrosa, com solubilização parcial da HEM, em virtude dos menores teores de FDN e das menores concentrações de hemicelulose nessas silagens (AMARAL, et al., 2009).

TABELA 5. Valores de NDT e DIVMS das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos no momento da abertura dos silos experimentais (base seca).

Item	Tratamentos ¹						CV(%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
NDT (%)	62,82 ^a	61,93 ^a	63,76 ^b	66,39 ^c	66,89 ^{c, d}	67,57 ^d	0,5
DIVMS (%)	57,61 ^a	58,38 ^a	66,65 ^b	73,53 ^c	76,97 ^c	78,27 ^c	3,35

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey.

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas); T3- Inoculante bacteriano *L. buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1,8% hidróxido de cálcio na MV

Notou-se pouca variação nos teores de NDT. Apresentaram iguais estatisticamente ($P > 0,05$) T1 e T2, apresentando os menores valores (62,3%). Os tratamentos alcalinos, T4 e T5, e T5 e T6, também não apresentaram diferença entre si, proporcionando melhores teores de NDT.

As silagens contendo *Propionibacterium* sp e enzimas amilolíticas (T2) apresentaram menor DIVMS (58,38%) dentre os tratamentos e foi igual estatisticamente ($P > 0,05$) ao grupo controle. Seguidos pela silagem contendo *L. buchneri* (66,65%). Os tratamentos com cal hidratada não apresentaram diferença estatística entre si, apresentando os maiores valores de DIVMS (média de 76,25%) dentre os tratamentos. Dados semelhantes, foram apresentados por SANTOS et al. (2009), que ao analisar o valor nutritivo de silagens com os seguintes aditivos: *L. buchneri*, 1,0 e 1,5% de cal virgem, 1,0 e 1,5% calcário e gesso, observaram no grupo contendo *L. buchneri* valores próximos de DIVMS ao controle (49,06% e 48,74% respectivamente), valores próximos da DIVMS para os tratamentos com 1,0% e 1,5% de cal virgem (70,45% e 74,21%, respectivamente). Em outra pesquisa Campos e Rigo (2013), demonstraram que os tratamentos com *L. buchneri* também não apresentaram diferenças significativas na DIVMS em relação ao tratamento controle ($P > 0,05$), com média de 50,63% de DIVMS, valor inferior ao apontado nesse presente estudo. Estes valores foram numericamente baixos

comparados aos obtidos no presente estudo, provavelmente devido a diferente variedade de cana-de-açúcar utilizada como matéria original. MOTA et al. (2010) observaram resultados semelhantes ao presente estudo, DIVMS maiores em seus tratamentos com 0,5% de cal virgem (60, 57%) e 0,5% de cal hidratada (61,27%) comparadas ao controle.

Estes níveis altos de DIVMS em T4, T5 e T6 podem ser justificados pelos menores teores de FDN, FDA e HEM das amostras, resultado da ação dos agentes alcalinizantes, que atuaram solubilizando a porção fibrosa da cana-de-açúcar, (MOTA et al., 2010).

Os tratamentos T2 e T3 apresentaram desempenho similar ao tratamento controle para todas as variáveis acima mencionadas, e estes resultados foram semelhantes à literatura consultada. Exceto para as variáveis MS, NDT e DIVMS, onde o aditivo do T3 (silagens inoculadas com *L. buchneri*) proporcionou pequena melhora nestas, comparadas ao controle. Os tratamentos com aditivos alcalinos (T4, T5 e T6) foram eficientes na redução dos componentes da parede celular da cana-de-açúcar em relação ao controle, melhorando a DIVMS.

Ao comparar os resultados obtidos pelo presente experimento, com cal hidratada, a trabalhos que utilizaram cal virgem como agente alcalino, foram encontradas diferenças mínimas entre os valores apresentados.

Perfil fermentativo das silagens

Com o intuito de evitar perdas fermentativas indesejáveis ao processo de ensilagem de cana-de-açúcar, os tratamentos com hidróxido de cálcio (Tabela 6) foram efetivos em aumentar RMS, apresentando valor médio de 93,45%. O T2 se apresentou semelhante ao controle ($P>0,05$) e o T3, com adição de *L. buchneri*, um valor superior (77,75%) a silagem de cana-de-açúcar sem inoculantes e aditivos, mas mesmo assim, bem abaixo das silagens contendo cal hidratada.

Corroborando com o presente estudo, experimentos analisando silagens aditivadas com *L. buchneri* verificaram RMS maior e as perdas por gás e produção de efluentes menores nos tratamentos inoculados, evidenciando ação benéfica desta no controle de leveduras ocasionando menor redução nos teores de carboidratos solúveis durante o processo fermentativo, comparados a silagens controle (BALIEIRO NETO et al., 2009; SIQUEIRA et al., 2010). Estes resultados provavelmente se devem ao fato de que a produção de efluentes tenha diminuído, com maior produção de ácido acético, com consequente inibição de leveduras durante a exposição aeróbia. Santos (2007) obteve um valor médio de 83,61% de RMS em seus tratamentos com cal virgem, e um valor próximo aos demonstrados no presente trabalho para a silagem controle (65,69%) e inferiores para *L. buchneri* (64,22). SIQUEIRA et al. (2010) também encontraram aumento da RMS quando utilizaram aditivo alcalinizante (hidróxido de sódio) na dose de 1%. Possivelmente, a ação alcalinizante do aditivo, por meio da elevação dos valores de pH no momento da ensilagem e pela capacidade de aumento na pressão osmótica do meio, fez com que o ambiente antes favorável ao desenvolvimento das leveduras se tornasse inapropriado, reduzindo perdas por gases nestas silagens. Todos os tratamentos que apresentaram menor variação de MS (T4, T5 e T6), mostraram maior RMS.

TABELA 6. Perfil fermentativo das silagens de cana-de-açúcar nos diversos tratamentos propostos no momento da abertura dos silos experimentais e índice de recuperação de matéria seca (RMS) (Base seca)

Tratamento ¹	pH	N-NH ₃	Etanol	ACE	PROP*	LAT	BUT*	RMS
T1	3,46 ^b	6,79 ^a	20,62 ^d	1,75 ^a	0,08 ^a	6,68 ^a	-	64,60 ^a
T2	3,43 ^b	5,42 ^a	13,12 ^c	1,52 ^a	0,07 ^a	6,98 ^a	0,02	60,23 ^a
T3	3,23 ^a	8,48 ^{a, b}	7,17 ^b	4,21 ^b	0,10 ^a	6,53 ^a	-	77,75 ^b
T4	3,96 ^c	11,5 ^{b, c}	2,87 ^a	3,16 ^{a, b}	0,19 ^a	10,42 ^a	-	90,06 ^c
T5	4,23 ^d	12,25 ^c	1,02 ^a	2,48 ^{a, b}	0,02 ^a	10,07 ^a	-	96,10 ^c
T6	4,43 ^e	10,18 ^{b, c}	0,86 ^a	2,31 ^{a, b}	0,02 ^a	9,89 ^a	0,04	94,19 ^c
CV(%)	1,77	12,91	20,43	30,7	8,33	21,33	2,97	4,83

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste Tukey

¹ T1- Controle; T2- Inoculante bacteriano/enzimático (*Propionibacterium* sp enzimas amilolíticas); T3 - Inoculante bacteriano *L.buchneri*; T4- 0,8% hidróxido de cálcio na MV; T5- 1,3% hidróxido de cálcio na MV; T6- 1, 8% hidróxido de cálcio na MV

*Opção de transformação: Raiz quadrada de $Y + 0.5$

De acordo com a Tabela 6, o T6 contendo maior dose de cal hidratada resultou em uma silagem com maior pH no momento da abertura (4,43). Todos os tratamentos foram diferentes estatisticamente entre si ($P < 0,05$), exceto o T2 que se mostrou igual ao controle, se apresentando mais ácidas. O T3 apresentou menor valor de pH encontrado (3,23). O aumento do pH nos T4, T5 e T6 já era esperado, em decorrência da natureza alcalina do produto aplicado (AMARAL et al., 2009; BALIEIRO NETO et al., 2009; DOMINGUES et al., 2011; SANTOS et al., 2008; SIQUEIRA et al., 2010). Sendo este aumento compatível com os dados de fermentação, segundo MCDONALD et al. (1991), silagens de boa qualidade apresentam valores de pH entre 3,6 e 4,2. Entretanto, estudos confirmam que o pH não é um ponto crítico em silagens de cana-de-açúcar e tampouco indicador da qualidade fermentativa desta, uma vez que a produção de etanol mediada por leveduras ocorre mesmo em pH inferior a 3,8. O ácido láctico é substrato da maioria das leveduras presentes na cana-de-açúcar.

Silagens com menor pH apresentaram menores concentrações numéricas de ácido láctico. O inesperado sinergismo entre esses parâmetros, que contraria a tendência das fermentações clássicas, pode ser justificado pelo poder tampão (SANTOS et al., 2008). Os maiores valores de pH nas silagens tratadas com aditivos alcalinizantes são ocasionados pelo seu poder tamponante, uma vez que a dissociação dos átomos presentes nos aditivos químicos gera cargas aniônicas capazes de neutralizar os íons hidrogênio oriundos dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, principalmente o ácido láctico. Dessa forma, silagens com altos teores de ácido láctico apresentam maiores valores de pH, em virtude da ação tamponante dos elementos formadores dos aditivos químicos. Além disso, o caráter básico do hidróxido de cálcio eleva o pH da forragem fresca fazendo com que essas silagens apresentem maior pH, estímulo de desenvolvimento de bactérias homofermentativas. Essas bactérias são inibidas em pH abaixo de 3,8 (MCDONALD et al., 1991). Ressalta-se ainda que o teor de ácido láctico obtido nas silagens não representa necessariamente a quantidade desse ácido produzido no processo fermentativo, uma vez que parte dele pode ser metabolizada a etanol pelas

leveduras presentes na silagem.

O teor de etanol foi máximo nas silagens controle (20,62%), seguidos pelo T2 (13,12%) e T3 (7,17%). Apresentaram menores valores T6, T5 e T4, tratamentos que não se diferenciaram estatisticamente entre si ($P > 0,05$). A produção de etanol em todas as silagens tratadas foi menor que na silagem controle (T1), o que indica que os aditivos controlaram a atividade das leveduras, que possivelmente foram inibidas pelos ácidos fracos produzidos no período de fermentação. Os dados obtidos para a silagem controle confirmam essa informação, pois nessa silagem verificou-se menor teor de RMS e DIVMS (Tabela 5). Constatou-se, pelo efeito dos tratamentos, que a maior RMS (tratamentos com cal hidratada) esteve associada a mais baixa produção de etanol (CAMPOS; RIGO, 2013).

Teores de etanol de semelhantes têm sido observados em silagem de cana-de-açúcar isolada, resultando em perdas de até 9% da MS da silagem (SCHMIDT et al., 2011). O teor de etanol (média de 0,5%) observado nas silagens contendo *L. buchneri* por CAMPOS & RIGO (2013) foi muito diferente do valor encontrado no presente estudo (7,17% MS). Esse baixo teor de etanol não indica necessariamente baixa produção deste componente, mas possivelmente baixa recuperação nas amostragens realizadas, em virtude do tipo de silo utilizado.

A concentração de ácido acético (ACE) nas silagens tratadas com os aditivos químicos foi maior numericamente que na silagem controle (Tabela 6). O maior valor numérico do teor de ácido acético foi encontrado nas silagens contendo *L. buchneri* (4,21%), que utilizam o ácido láctico para produzir acético e propiônico. Entretanto, este resultado não diferiu estatisticamente do tratamento com as três dosagens de cal hidratada. 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, semelhante ao presente estudo.

Os valores numéricos de ácido acético obtidos pelo T2 e controle foram os menores encontrados (1,52% e 1,75%, respectivamente). Segundo KUNG Jr. et al. (2003), as bactérias do gênero *Propionibacterium* sp são inibidas em pH inferior a 4,2–4,5, uma vez que T2 obteve média de 3,43 para pH, esta inativação foi observada, não ocorrendo aumento nos teores de ácido propiônico e acético. Uma alternativa para a utilização do *Propionibacterium* sp seria sua associação com um agente alcalino que permitisse pH maior que 4 e assim estimularia seu crescimento.

Os ácidos butírico (BUT), láctico (LAT) e propiônico (PROP) não apresentaram diferença estatística entre os 6 tratamentos executados.

Poucos são os trabalhos que citam concentrações de ácidos orgânicos, principalmente o ácido acético e butírico em silagens de cana-de-açúcar. SCHMIDT et al. (2011) também não observaram diferença na concentração de ácido butírico em silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos e encontraram valores médios de 0,06% da MS. Uma hipótese que pode explicar esse fato, é que, durante o processo de ensilagem de forragens, inicialmente o grupo de microrganismos que atua na acidificação da massa de forragem é o das enterobactérias, as quais sobrevivem até o momento em que bactérias ácidas lácticas homofermentativas apresentem condições ideais de desenvolvimento (menores valores de pH), iniciando a conversão de açúcares em ácido láctico. Assim, com a queda de pH, as enterobactérias, que produzem ácido butírico, são inibidas e prevalecem na massa ensilada as bactérias ácido-láticas (MCDONALD et al., 1991).

Os únicos microrganismos responsáveis pela formação de ácido propiônico presentes nas silagens são os Clostrídeos sp e as espécies de *Propionibacterium* sp, cuja atividade não resulta em prejuízo para a qualidade da silagem (MCDONALD

et al., 1991). Estas bactérias produzem o ácido propiônico pela fermentação do ácido láctico. Uma vez que não foi detectada a presença de ácido butírico e que normalmente o pH das silagens de cana-de-açúcar sofre rápida redução, a presença de Clostrídios sp é bastante improvável. As concentrações de ácido propiônico nas silagens avaliadas estão dentro da faixa de 0 a 1%, citada por MAHANNA (1993), citado por FREITAS et al., (2006), para classificação de silagens de boa qualidade.

O conteúdo de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) das silagens, expresso como porcentagem do nitrogênio total (NT), também é utilizado na avaliação de silagens. Juntamente com o valor de pH, fornece uma indicação da forma que se processou a fermentação. Esse composto é proveniente da degradação da fração protéica pelos clostrídeos (MCDONALD et al., 1991). T1, T2 e T3 foram estatisticamente iguais (P> 0,05) e apresentaram média de 6,89%, enquanto os demais tratamentos, que não se diferenciaram entre si, mostraram um maior valor médio (11,31%). Teores abaixo de 10% nas silagens testemunha e nos tratamentos com, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático são descritos na literatura (SIQUEIRA et al., 2010; ITAVO et al., 2010)

A rápida ensilagem e adequada compactação e vedação dos silos de laboratório resultaram em baixa proteólise no material, evidenciadas pelo teor inexpressivo de ácido butírico nas silagens (Tabela 6), produzindo silagens com baixas concentrações de N-NH₃/NT. Segundo VAN SOEST (1994) valores acima de 10% indicam que o processo de fermentação resultou em quebra excessiva de proteína em amônia. Silagens com menores teores de PB, no entanto, apresentaram maiores valores de N-NH₃/NT (T4, T5 e T6).

Ao avaliar a RMS e as perdas fermentativas no processo de ensilagem da cana-de-açúcar, verificou-se mais uma vez muitas semelhanças do tratamento controle com as silagens aditivadas com *Propionibacterium* sp, exceto o teor de etanol que foi menor neste. Fato que não indica superioridade da silagem, uma vez que as RMS e DIVMS foram consideradas iguais estatisticamente (P>0,05) ao controle. Silagens inoculadas com *L. buchneri*, tiveram pH e teor de etanol reduzidos eficientemente, apresentaram aumento no ácido acético e N-NH₃ frente aos tratamentos controle e T2. Além de apresentarem boa RMS, mas não excederam os resultados apresentados pelos tratamentos com cal hidratada. T4, T5 e T6 foram eficientes em controlar a fermentação alcoólica, associada à menor perda de MS, e produção controlada e bem semelhante a teores relatados na literatura de ácidos orgânicos.

CONCLUSÕES

Dos aditivos avaliados, as bactérias dos gêneros *Propionibacterium* sp não foram eficientes em evitar as perdas durante a fermentação e em melhorar o perfil nutricional das silagens.

Apesar de não ter melhorado efetivamente as características bromatológicas das silagens, a *L. buchneri* promoveu melhoria significativa, em relação ao tratamento controle, no padrão fermentativo das silagens.

A cal hidratada cumpriu seu papel na melhora das características bromatológicas e fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar, diminuindo os constituintes da parede celular, melhorando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e a sua recuperação. Para recomendação da dosagem ideal desta cal hidratada, devido à carência de dados científicos sobre as doses de cal utilizadas, serão necessários mais estudos em modelos animais para se ajustar uma dose com bom

custo benefício e não prejudicial ao organismo animal e meio ambiente.

A silagem de cana-de-açúcar, sem nenhum aditivo para controlar as perdas devido à fermentação, não apresentou resultados satisfatórios nas variáveis avaliadas, devendo ser repensada pelo produtor.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JR., A.L. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; SUGAWARA, M.S. et al. Qualidade da silagem de cana-de-açúcar inoculada com uma cepa de *Lactobacillus buchneri*. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.30, n.3, p.255-261, 2008.

BALIEIRO NETO, G.; FERRARI JR, E.; NOGUEIRA, J.R.; POSSENTI, R.; PAULINO, V.T.; BUENO, M.S. Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químico e microbiano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.6, p.621-630, jun. 2009

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

CAMPOS, LCC; RIGO, E. J. Utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S., SIQUEIRA, G.R., ROTH, A.P.T.P., SANTOS, J., MOTA, D.A., Estabilidade aeróbia, pH e dinâmica de desenvolvimento de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada com cal virgem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.715-719, 2011.

FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; MOLINA, L.R.; CASTRO NETO, A.G.; TOMICH, T.R. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.2, p.423-433, 2007.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Versão 4.3 (Build 43). Lavras: Dex/ UFLA, 1999.

FREITAS, A.W. P; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.48-59, 2006.

ITAVO, L.C.V.; ITAVI, C.C.B.F.; MORAES, M.G.; DIAS, A.M.; COELHO, E.M.; JELLER, H.; SOUZA, A.D.V. Composição química e parâmetros fermentativos de **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p.1256 2013

silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 3, p.606-617, 2010.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

KLOPFENSTEIN, T.J. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J.T. (Ed.) **Upgrading residues and products for animals**. Boca Raton: CRC Press, p.40-60. 1980.

KUNG JR, L.; TAYLOR, C. C.; LYNCH, M. P.; NEYLON, J. M. The effect of treating alfafa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, n. 5, p. 336-343, 2003.

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

MCDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la producción animal em zonas tropicales**. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 692p. 1974.

MOTA, D. A.; OLIVEIRA, M. D. S.; DOMINGUES, F. N.; MANZI, G. M.; FERREIRA, D. S.; SANTOS, J. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1186-1190, 2010.

MURARO, G.B., ROSSI JR, P., OLIVEIRA, V.C., GRANZOTTO, P.M.C., SCHOGOR, A. L.B. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1525-1531, 2009.

OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A. Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, in natura e ensilada para bovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.41-50, 2007.

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, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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

ROBERTSON, J. B., VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to human foods. **The Analysis of Dietary Fiber in Food**. New York, p. 123-158, 1981.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana- de- açúcar in ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p.1257 2013

natura e ensilada (*Saccharum officinarum* L.). 2007. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.D.; QUEIROZ, O.C.M.; ZOPOLLATTO, M.; SOUSA, D.P.; SARTURI, J.O.; TOLEDO FILHO, S.G. Nutritive value of sugarcane silage treated with chemical additives. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.159-163, 2009.

SANTOS, A. B. D.; PEREIRA, M. L. A.; AZEVEDO, S. T.; SIGNORETTI, R. D.; SIQUEIRA, G. R.; MENDONÇA, S. D. S.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, T.C.J.; ALMEIDA, P.J.P.; RIBEIRO, L.S.O.; PEREIRA, C. A. R. Vacas lactantes alimentadas com silagem de cana-de-açúcar com e sem aditivo bacteriano: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.3, p.720-731, 2012.

SCHMIDT, P.; ROSSI JR, P.; JUNGES, D.; DIAS, L.T.; ALMEIDA, R.; MARI, L.J. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.543-549, 2011.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV, 1990.

SIQUEIRA, G.R. **Aditivos na silagem de cana-de-açúcar “in natura” ou queimada**. 2009. 107f. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2009.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; PIRES, A.J.V.; BERNARDES, T.F; ROTH, M.T.P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P.; MORETTI, M.H. et al. Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, 991-1008, 2012.

VALERIANO, A.R., PINTO, J.C., ÁVILA, C.L.S., EVANGELISTA, A.R., TAVARES, V.B.T., SCHWAN, R.F. Efeito da adição de *Lactobacillus* sp. na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1009-1017, 2009.

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

ZOPPOLATO, M., DANIEL, J.L.P., NUSSIO, L.G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.170-189, 2009 (supl.especial).**