

**VALOR NUTRITIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE ÓXIDO DE CÁLCIO
ANTES E DEPOIS DA ENSILAGEM**

Geraldo Balieiro Neto

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA

geraldobalieiro@apta.sp.gov.br

Gustavo Resende Siqueira

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA

Ricardo Andrade Reis

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA

José Ramos Nogueira

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA

jrn@apta.sp.gov.br

Marcela de Toledo Piza Roth

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA

Anna Paula de Toledo Piza Roth

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA

A utilização da cana-de-açúcar para suplementação da dieta dos animais na seca é bastante difundida entre os produtores. A época de colheita na entressafra da produção das pastagens e alta produção de forragem por unidade de área (80 a 150 t/ha) e nutrientes digestíveis totais (cerca de 15 a 20 t em um único corte) torna a espécie bastante atraente e competitiva, com baixo custo de produção, em comparação às silagens de milho ou sorgo.

No entanto a utilização do potencial produtivo da cana-de-açúcar em larga escala requer o corte de talhões de forma concentrada eliminando o manejo de corte diário.

A ensilagem representa uma solução operacional por eliminar o corte diário, e apresenta ainda outras vantagens, tais como aumentar a eficiência dos tratamentos culturais uniformizando a rebrota, evitar sobras de um ano para outro e risco de perda por fogo ou geada. Porém, o processo de produção e fornecimento da silagem de cana-de-açúcar aos animais envolve perdas consideráveis chegando a inviabilizar esta opção.

A perda de matéria seca encontrada por Freitas et al. (2004) foi de 31,09% e por Pedrosa (2003) foi de 29,2%. Essas perdas estão associadas ao alto teor de carboidratos solúveis e a grande população de leveduras que levam à fermentação alcoólica e a alta produção de CO₂.

A fermentação da sacarose a etanol e gás carbônico, que posteriormente são volatilizados, pode ocasionar aumento da proporção de constituintes da parede celular reduzindo o valor nutritivo da cana-de-açúcar (Nussio et al., 2003b). Vários autores relatam perdas consideráveis na qualidade da silagem resultando em menor desempenho dos animais quando comparada a cana-de-açúcar fresca (Preston et al., 1976; Silvestre et al., 1976; Alvarez et al., 1977).

Assim, diferente das culturas de milho e sorgo, a ensilagem da cana-de-açúcar necessita de algum aditivo químico ou bacteriano para controlar a fermentação, reduzir as perdas totais e do valor nutritivo.

Tendo em vista a redução do custo de rações e do produto animal com a utilização da cana-de-açúcar, seja para gado de leite (Oliveira et al., 2004) ou de corte (Nussio et al., 2003a), pesquisas avaliando a silagem de cana-de-açúcar são bastante pertinentes.

A adição de óxido de cálcio (cal virgem micropulverizado) pode reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina e contribuir para a preservação de nutrientes solúveis, amenizando a perda de valor nutritivo durante a ensilagem e após a abertura do silo. No entanto, essas suposições não possuem respaldo científico consolidado necessitando de maiores esclarecimentos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da adição de doses de óxido de cálcio sobre o valor nutritivo da silagem e após três, seis e nove dias da abertura do silo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Pólo Regional Centro Leste da Agência Paulista de Pesquisa Agropecuária – APTA, em Ribeirão Preto, SP e no Laboratório de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias – FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. O cultivar de cana-de-açúcar utilizado foi o IAC 86-2480 proveniente do canal do Instituto Agrônomo de Campinas, IAC – Centro de Cana-de-açúcar, Ribeirão Preto, SP, sendo o corte realizado em soqueira com 12 meses (2o corte). A forragem de cana-de-açúcar foi colhida por ensiladora regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 2 cm de comprimento. A forragem picada foi submetida à aplicação de quatro doses de óxido de cálcio (0; 0,5; 1 e 2% da matéria original), totalizando quatro diferentes silagens. O óxido de cálcio foi misturado na forma de pó micropulverizado (cal virgem), isento de furanos e dioxinas.

A compactação foi realizada com soquetes de cimento produzidos especificamente para este fim. Os silos experimentais foram baldes de plástico com capacidade de cinco litros contendo tampas com válvulas de Bunsen e no fundo 2 kg de areia, separada da forragem por uma tela, para determinação da produção de efluentes.

Logo após aplicação dos tratamentos foram coletadas amostras. A ensilagem foi realizada objetivando alcançar a densidade de 600 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. Após 84 dias de armazenamento procedeu-se a abertura dos silos. Foram retiradas amostras de cada unidade experimental no momento da abertura para avaliação das alterações nutricionais, posteriormente, cada amostra foi processada da mesma forma realizada antes da ensilagem.

As amostras coletadas antes e depois da ensilagem foram pesadas, pré-secas e moídas para determinação das porcentagens de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), segundo AOAC (1980), e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HC) e lignina, utilizando-se o método seqüencial segundo as técnicas descritas por Van Soest (1991). O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado pela expressão $CNF = 100 - (FDN + MM + PB + EE)$ de acordo com Hall (1997). A digestibilidade verdadeira in vitro da matéria seca (DIVMS) foi determinada pelo método de Tilley & Terry adaptado por Silva & Queiroz (2002).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. Para análise das ocorrências durante a ensilagem foram utilizadas apenas as medidas antes e do dia da abertura, sendo que as medidas feitas antes da ensilagem entraram no modelo como covariável da medida feita no momento da abertura do silo.

Resultados e Discussão

A análise do teor proteína bruta (PB) antes e depois da ensilagem não apresentou diferença significativa e o teor de PB antes da ensilagem (covariável) não influenciou os teores de PB no dia da abertura.

Os valores médios dos teores de PB antes e após a ensilagem encontram-se na Tabela 1. O aumento de proteína bruta não é indicativo de melhoria na qualidade da silagem, pois não há síntese de proteína bruta, o fato a ser considerado é o consumo de carboidratos solúveis durante a ensilagem, podendo resultar em aumento proporcional da PB. Assim a alteração não significativa dos teores de PB em silagens deve-se ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação.

Tratamento <i>Treatment</i>	Proteína bruta (%) <i>Crude protein (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	3,00	3,19
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	2,92	3,26
1% cal <i>1% whitewash</i>	2,75	3,05
2% cal <i>2% whitewash</i>	2,72	3,19

Tabela 1 - Teores de proteína das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

Os valores de fibra em detergente neutro (FDN) no momento da abertura do silo foram superiores aos valores encontrados antes da ensilagem. O teor de FDN antes da ensilagem (covariável) influenciou os valores encontrados após a ensilagem, sendo que quanto maior o

valor antes da ensilagem maior o valor encontrado no momento da abertura do silo. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) do aditivo sobre o aumento dos valores de FDN durante a ensilagem (Figura 2). A equação de regressão é a seguinte:

$$y = 30,9040 + 0,5821 X_1 + 1,2077 X_2 - 2,5539 X_2^2 \text{ onde,}$$

y = teor de FDN;

X_1 = FDN antes da ensilagem e

X_2 = % de óxido de cálcio

R-Square = 0,97

Coefficiente de Variação = 1,89

A redução do teor de carboidratos solúveis durante a fermentação é inevitável, uma vez que esses carboidratos representam a matéria prima para a produção de ácidos orgânicos, os quais preservam a silagem. No entanto, essa ocorrência ocasiona aumento proporcional na porcentagem de FDN, e especialmente na ensilagem de cana, ocasiona perdas consideráveis de matéria seca e valor nutritivo.

A redução da fração de carboidratos solúveis varia entre os trabalhos. Enquanto Pedroso (2003) observou redução de 74 unidades percentuais (23 para 5,98% da MS), Alli et al. (1983) encontraram um consumo de 93 % dos teores de carboidratos solúveis em sete dias de fermentação e Castro Neto et al. (2003) utilizando inoculantes contendo microorganismos homoláticos observaram redução de 88 unidades percentuais (19,7 % da MS antes da ensilagem vs 2,5 % da MS depois da ensilagem).

Neste trabalho foi observado que quanto maior o nível do aditivo menor o teor de FDN. Entretanto as diferenças entre os valores no momento da abertura do silo e suas covariáveis (antes da ensilagem) revelam que somente a dose de 2 % evitou o incremento dos teores de FDN durante a fermentação.

Observou-se que a diferença dos teores de FDN antes e após a ensilagem do tratamento controle foi ligeiramente menor que as diferenças dos teores de FDN das silagens com 0,5 e 1 % de aditivo. Esta ocorrência demonstra que aparentemente, nestas doses, o aditivo não foi eficiente em reduzir o consumo de carboidratos solúveis durante a ensilagem e a solubilização de nutrientes pode ter aumentado ligeiramente o mesmo.

As diferenças observadas entre os teores médios de FDN antes e após a ensilagem foram de 7,86; 9,06; 9,23 e 4,11 respectivamente para silagens com 0; 0,5; 1 e 2 % de aditivo

(Tabela 2), caracterizando o efeito quadrático. A diferença entre os teores de FDN antes e após a ensilagem observada na silagem com 2 % de aditivo foi praticamente metade das outras silagens, sugerindo que neste nível o aditivo pode ter efeito em reduzir o consumo de carboidratos solúveis durante a ensilagem e/ou efeito de aumentar a solubilização dos constituintes da FDN durante a ensilagem. Este último efeito resultaria em menor valor de FDN no momento de abertura e menor diferença entre os valores tomados antes e após a ensilagem.

O efeito quadrático se deu provavelmente devido ao fato de que os níveis intermediários do aditivo não foram eficientes em provocar hidrólise ou conter a perda de carboidratos solúveis durante a fermentação. No entanto essas doses de aditivo parecem ter sido suficientes para que houvesse interação com o calor durante a pré-secagem reduzindo os valores de FDN antes da ensilagem e conseqüentemente resultando em maiores diferenças entre os valores antes e após a ensilagem.

Os efeitos da utilização de nutrientes solúveis por microrganismos ou preservação de nutrientes solúveis devido a inibição do crescimento de microrganismos e hidrólise da fibra influenciam a composição química da forragem concomitantemente. Dessa forma a perda ou consumo de carboidratos solúveis por microrganismos pode ser parcialmente compensada ou não pelo aumento da solubilidade da fibra.

O aditivo pode alterar a integridade estrutural dos componentes da planta afetando a pressão osmótica da célula e sua capacidade em reter água, levando ao aumento da pressão intracelular, ruptura e extravazamento de conteúdo celular. Estes nutrientes solubilizados podem favorecer o crescimento microbiano.

Se o nível de aditivo for suficiente para romper a célula ocasionando extravazamento de conteúdo celular, mas não for suficiente para controlar a população de microorganismos ou promover solubilização de constituintes da parede celular, pode resultar em maior disponibilidade de nutrientes solúveis para crescimento microbiano e aumento proporcional nos teores de fibra.

É importante ressaltar que com o processo de pré-secagem em estufa, durante o preparo da amostra para análise de FDN, ocorre reação de termo-hidrólise, reduzindo sensivelmente os valores de FDN (Owen, 1984). Assim, o efeito da utilização do aditivo sobre os teores de FDN da forragem, observado antes da ensilagem, não pode ser atribuído exclusivamente à ocorrência de hidrólise alcalina da fibra, principalmente em um espaço de tempo tão curto. A

secagem mais apropriada a este tipo de material, visando isolar o efeito de hidrólise alcalina provocado pelo aditivo, seria através da liofilização ou pelo método do tolueno. No entanto as amostras de silagem coletadas antes ou após abertura do silo foram submetidas ao mesmo procedimento de pré-secagem. Assim a análise utilizando a medida tomada antes da ensilagem como covariável da medida observada após abertura do silo torna permissível a apreciação dos resultados com base na relatividade entre os valores.

Os aumentos dos teores de FDN após a ensilagem corroboram com o trabalho de Coan et al. (2002) e provavelmente estão relacionados ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação. O efeito de elevação nos teores de FDN durante a fermentação está bem consolidado na literatura. 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 de 55,1 para 72,9% na cana-de-açúcar ensilada sem aditivos.

De acordo com Corrêa et al. (2003) os carboidratos solúveis são considerados a fração de carboidratos mais digestível da cana-de-açúcar e, portanto o consumo dos mesmos por microrganismos resulta em elevação proporcional da fração fibrosa, reduzindo o valor nutritivo da silagem. O efeito do óxido de cálcio sobre os conteúdos de FDN antes e após a ensilagem de cana pode ser observado na Figura 1.

Tratamento <i>Treatment</i>	Fibra em detergente neutro (%) <i>Neutral detergent fiber (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	55,48	63,34
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	51,33	60,39
1% cal <i>1% whitewash</i>	49,30	58,53
2% cal <i>2% whitewash</i>	45,36	49,47

Tabela 2 - Teores de fibra em detergente neutro (FDN) das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

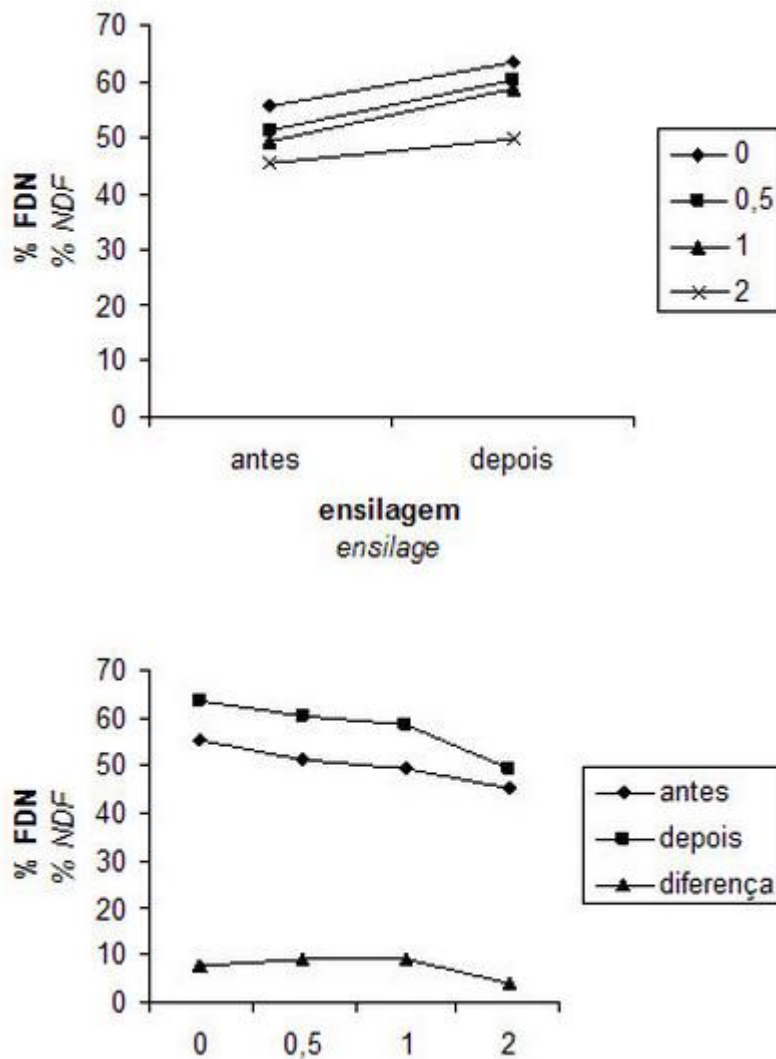


Figura 1. Efeito do óxido de cálcio sobre os conteúdos de FDN antes e após a ensilagem de cana.

A análise do teor de fibra em detergente ácido (FDA) depois da ensilagem tendo como covariável a medida de FDA antes da ensilagem, não apresentou diferença estatisticamente significativa. Houve efeito significativo apenas para a covariável ($P < 0,05$) demonstrando que os teores de FDA antes da ensilagem influenciaram os teores de FDA encontrados após a ensilagem. Os valores médios de FDA antes e depois da ensilagem podem ser observados na Tabela 3.

Uma vez que a perda de carboidratos solúveis durante a ensilagem provoca aumentos proporcionais nos percentuais de outros constituintes da forragem e considerando-se que a

fração que compõem o FDA inclui lignina e celulose, talvez a ausência de efeito possa ser devido a menor hidrólise destas frações resultando em amplitude insuficiente entre os valores para que fosse detectada diferença significativa.

Uma observação que reforça esta hipótese é que enquanto a diferença entre os valores de FDN antes e após a ensilagem foi numericamente menor com a maior dose de aditivo (7,86; 9,06; 9,23 e 4,11 para 0; 0,5; 1 e 2% de aditivo, respectivamente), a diferença entre os teores de FDA antes e após a ensilagem foi numericamente maior com a maior dose de aditivo (3,96; 3,33; 12,34 e 11,38 para 0; 0,5; 1 e 2% de aditivo, respectivamente). Isto demonstra que a perda de carboidratos não seria o único fator influenciando os teores de FDN e FDA no momento da abertura da ensilagem, pois se assim fosse, os valores seguiriam uma mesma tendência. Provavelmente a solubilização da FDN durante o período de fermentação, cuja análise foi significativa, é maior que a solubilização da FDA.

Havendo maior solubilização da FDN durante a fermentação no silo, o teor de FDN no momento da abertura foi mais baixo, mesmo que tenha ocorrido um consumo equivalente de carboidratos solúveis, resultando em menor diferença entre os valores de FDN antes e depois da ensilagem. Por outro lado, havendo menor solubilização da FDA durante a fermentação, a mesma grandeza no valor de consumo de carboidratos solúveis resulta em valor de FDA proporcionalmente mais alto no momento da abertura, e conseqüentemente em maior diferença entre as medidas tomadas antes e depois da ensilagem.

Assim, enquanto o efeito da elevação da porção fibrosa devido ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação aumentava os teores de FDN e FDA, apenas FDN teve o aumento amenizado pela concomitante solubilização de seus constituintes durante o mesmo período, resultando em menor diferença no teor de FDN antes e após a ensilagem para silagens com 2% de aditivo. Por outro lado os teores de FDA sofreram elevação dos teores proporcionalmente ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação sem que pudessem ser compensados com solubilizações de seus componentes durante este período.

Considerando-se a colocação de Jackson (1977) que a celulose se expande quando tratada com produtos alcalinos, e que este tratamento reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio as quais ligam moléculas de celulose, aparentemente a ausência de efeito significativo do óxido de cálcio sobre os teores de FDA sugere que substâncias alcalinas têm diferentes efeitos sobre a hidrólise da fibra. Van Soest (1987) menciona que durante o tratamento alcalino parte da lignina e da sílica podem ser dissolvidas.

Provavelmente o CaO₂ tem menor efeito quando comparado a outros aditivos alcalinos como o hidróxido de sódio, principalmente sobre a fração de lignina.

Além da influência da redução de carboidratos solúveis durante a fermentação, é possível que em parte, a redução dos teores de FDA (Tabela 3) tenha sido em função da termo-hidrólise devido ação do calor durante a pré-secagem em estufa, e não em função de efeito isolado do aditivo sobre a solubilização da celulose ou lignina. Por isso a análise não detecta diferença significativa, uma vez que as medidas tomadas antes da ensilagem entram no modelo como covariável, sendo avaliado apenas a relatividade entre os valores.

O teor de FDA da silagem controle no momento da abertura é superior ao obtido por Coan et al. (2002) e por Alli et al. (1983), mas corrobora ao aumento do mesmo após a ensilagem. Estes últimos autores 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.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Fibra em detergente ácido (%) <i>Acid detergent fiber (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	43,96	47,92
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	38,67	42,00
1% cal <i>1% whitewash</i>	33,55	45,89
2% cal <i>2% whitewash</i>	25,14	36,52

Tabela 3. Teores de fibra em detergente ácido (FDA) das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

Na análise dos dados após a ensilagem utilizando a medida tomada antes da ensilagem como covariável, o óxido de cálcio não surtiu efeito sobre a lignina (Tabela 4). No entanto houve efeito significativo da covariável para análise de lignina, demonstrando que os valores de lignina antes da ensilagem influenciaram os valores obtidos no momento da abertura do silo. Segundo Klopfenstein (1980) o teor de lignina normalmente não é alterado.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Lignina (%) <i>Lignin (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	7,25	8,36
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	6,88	7,73
1% cal <i>1% whitewash</i>	6,22	8,01
2% cal <i>2% whitewash</i>	3,20	4,34

Tabela 4. Teores de lignina das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

Na análise dos dados após a ensilagem utilizando a medida tomada antes da ensilagem como covariável, o óxido de cálcio não surtiu efeito sobre a hemicelulose (Tabela 5). O motivo da mesma análise estatística do FDN acusar efeito significativo deve-se provavelmente a complementação dos efeitos sobre cada um dos constituintes da parede celular, que quando analisados separadamente não apresentaram diferenças suficientes a ponto de serem detectadas na análise.

Além disso, da mesma forma como enfatizado para a análise do FDN antes e após a ensilagem, a metodologia utilizada para as análises de hemicelulose e lignina também incluíram a pré-secagem em estufa, com prováveis interações entre os efeitos dos níveis de óxido de cálcio e calor. Estas interações podem ter manifestado diferentes efeitos entre os componentes da parede celular (lignina, celulose e hemicelulose) que precisam ser mais investigadas.

Segundo Van Soest (1987) o aditivo alcalino pode causar um rompimento entre as ligações moleculares do tipo éster, entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose. Talvez essa ocorrência tenha favorecido a redução do teor de hemicelulose entre observações antes e depois da ensilagem para silagens com 1 e 2 % de aditivo (Tabela 5). No entanto os teores de hemicelulose antes e após a ensilagem não foram alterados significativamente (Tabela 4), não podendo ser atribuído exclusivamente ao efeito do tratamento.

Embora sem diferença significativa, os teores de hemicelulose antes da ensilagem foram maiores nas forragens com 2% de aditivo (Tabela 5). Como a hemicelulose foi obtida a partir

da diferença do FDN e FDA, esses valores refletem os efeitos mencionados sobre a redução dos teores de FDA. Esta ocorrência por sua vez, demonstra que antes da ensilagem a termo-hidrólise e/ou o efeito de hidrólise alcalina provocada pelo aditivo pode levar a maior solubilização de constituintes da parede celular em detergente ácido, mas que não seriam solúveis em detergente neutro.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Hemicelulose (%) <i>Hemicellulose (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	11,52	15,42
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	12,66	18,39
1% cal <i>1% whitewash</i>	15,75	12,64
2% cal <i>2% whitewash</i>	20,22	12,95

Tabela 5. Hemicelulose das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

As frações de CNF mais FDN, antes da ensilagem, representaram 93,07; 90,31; 88,23 e 81,08 dos constituintes das silagens sem e com 0,5; 1 e 2 % de aditivo, respectivamente. De acordo com Hernandez (1998) a FDN da cana-de-açúcar apresenta baixa digestibilidade, em média 40% e, portanto, a redução de seus teores implica em melhor qualidade do volumoso produzido. Por outro lado, Corrêa et al. (2003) mencionam que os carboidratos solúveis são considerados a fração de carboidratos mais digestível da cana-de-açúcar.

Como mencionado, o consumo de carboidratos solúveis por microrganismos resulta em elevação proporcional da fração fibrosa, reduzindo o valor nutritivo da silagem. Assim, embora a fração de CNF inclua outros compostos como os ácidos orgânicos e não deva ser associada diretamente aos carboidratos solúveis, observou-se que silagens que apresentaram os maiores valores de DVIVMS foram as que tiveram os maiores teores de carboidratos não fibrosos e os menores teores de FDN.

A análise de regressão dos CNF utilizando as medidas tomadas antes da ensilagem como covariável não resultou em efeito significativo para tratamento, mas apenas para a covariável, mostrando que os valores de CNF antes da ensilagem influenciaram os mesmos

no momento da abertura do silo. No entanto, como as médias ajustadas (Tabela 7) mostram uma redução dos CNF durante a fermentação de 25, 26, 30 e 13 % para os tratamentos sem e com 0,5; 1 e 2 % de aditivo, do ponto de vista do valor nutritivo da forragem a diferença é importante. Assim sendo foi realizada análise por contrastes polinomiais que detectou efeito quadrático do aditivo sobre os valores de CNF ($P < 0,05$).

Todos os tratamentos tiveram a fração de CNF reduzida durante a fermentação (Tabela 8), provavelmente devida a intensa atividade de leveduras durante a ensilagem da cana-de-açúcar, já mencionada por Alli et al., (1983) e Pedroso (2003).

No entanto, o efeito do aditivo sobre os valores de CNF demonstra que os níveis 0,5 e 1 % não foram eficientes em reduzir a perda de CNF durante a fermentação. Esse resultado foi coerente com as alterações nas proporções de constituintes da parede celular da forragem. Além disso, existe a possibilidade da adição de óxido nos níveis de 0,5 e 1 % favorecer a perda de CNF por ocasionar ruptura da membrana da célula e extravazamento de conteúdo celular solubilizando nutrientes que podem ter sido utilizados por microrganismos.

Por outro lado, o nível de 2 % do aditivo, provavelmente também provoca a ruptura celular, mas pode ter controlado perdas devido ao controle na população de microrganismos que utilizariam esses nutrientes. As observações indicam que somente na dose de 2 % o aditivo foi eficiente em reduzir o consumo de CNF durante a fermentação.

A menor perda de CNF durante a fermentação em silagem com 2 % de aditivo pode ser atribuída ainda a uma compensação da utilização desses componentes por microrganismos pelo aumento da solubilização de componentes da parede celular. Componentes da parede celular solubilizados pelo aditivo podem ter gerado açúcares solúveis, pentoses e hexoses, que passariam a compor a fração de CNF, levando a impressão de que os CNF presentes antes da ensilagem foram preservados durante a fermentação. Silagens com 2 % de aditivo tiveram a menor fração de CNF antes da ensilagem e, no entanto, após a ensilagem, as mesmas apresentaram maior teor de CNF (Tabela 7). O efeito do óxido de cálcio sobre os percentuais de CNF antes e após a ensilagem de cana pode ser observado na Figura 2.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Teores de carboidratos não fibrosos (CNF%) <i>Contents of the no structural carbohydrates (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	37,59	28,20
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	38,98	28,58
1% cal <i>1% whitewash</i>	38,93	27,19
2% cal <i>2% whitewash</i>	35,72	30,92

Tabela 6. Teores de carboidratos não fibrosos (CNF %) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do tratamento com aditivo químico.

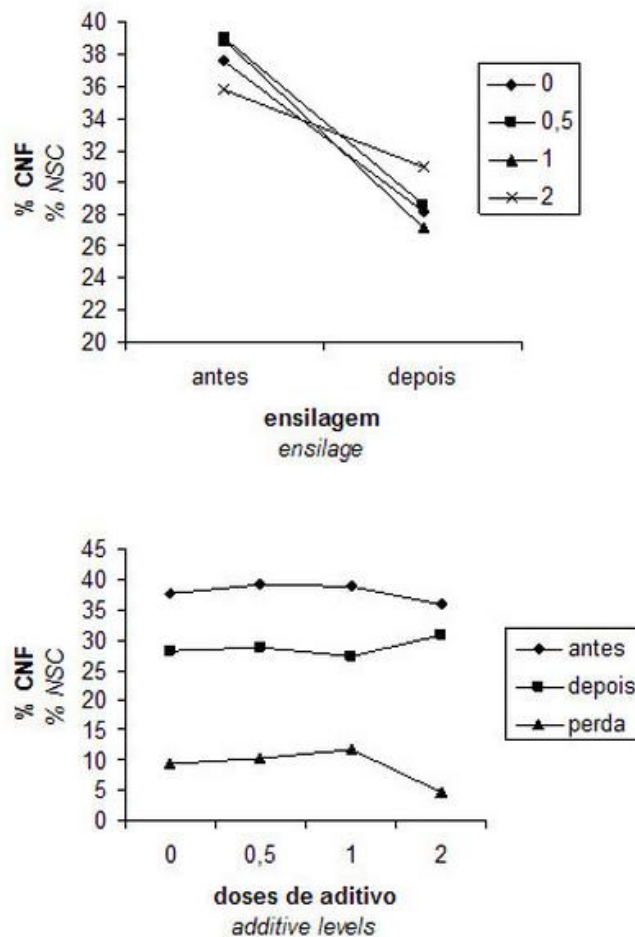


Figura 2. Efeito do óxido de cálcio sobre os percentuais de CNF antes e após a ensilagem de cana.

Na análise dos dados após a ensilagem utilizando a medida tomada antes da ensilagem como covariável o óxido de cálcio teve efeito sobre a digestibilidade verdadeira in vitro da matéria seca (DVIVMS) (Tabela 5). A DVIVMS tomada antes da ensilagem (covariável) foi significativa demonstrando que os valores obtidos antes da ensilagem influenciaram os valores no momento da abertura. O efeito do aditivo sobre a DVIVMS foi linear (Figura 3) e a equação de regressão é a seguinte:

$$y = 43,27 + 0,2722 X_1 + 0,6898 X_2 \text{ onde,}$$

y = DVIVMS;

X_1 = DVIVMS antes da ensilagem

X_2 = % de óxido

R-Square = 0,91

Coefficiente de Variação = 3,22

A DVIVMS no momento da abertura foi maior conforme o aumento do nível do aditivo. É interessante observar que a DVIVMS antes da ensilagem, quando comparada a DVIVMS após a ensilagem, foi maior para a silagem controle e com 0,5 % de aditivo, praticamente semelhante para a silagem com 1% de aditivo e menor para silagem com 2 % de aditivo (Tabela 6). Esta ocorrência mostra que com a utilização de carboidratos solúveis durante a fermentação e perdas devido a produção de álcool e volatilização, a DVIVMS das silagens sem aditivo e com 0,5 % de aditivo é reduzida durante a ensilagem. No entanto, a adição de 1 % de aditivo pode ter reduzido perdas e/ou pode ter compensado parcialmente as perdas de nutrientes solúveis pelo aumento da digestibilidade da fibra e, silagens com 2 % de aditivo parecem ter reduzido perdas e aumentado a digestibilidade da fibra resultando em silagens mais digestíveis do que o material original.

Cabe colocar que é provável que tenha ocorrido interação de efeitos do aditivo e do calor a que foram submetidas às amostras durante o procedimento de secagem. Assim sendo os valores de digestibilidade podem estar superestimados, cabendo a apreciação da relatividade entre os valores e não dos valores absolutos.

As ocorrências observadas devem-se provavelmente a uma interação entre a retenção da perda de carboidratos solúveis e aumento da digestibilidade da fibra. Embora não seja possível mensurar neste trabalho em que proporção cada um dos efeitos ocorreu, o aumento da digestibilidade de silagens com 2 % de aditivo constata a ação do aditivo sobre este parâmetro, pois se houvesse apenas o efeito em conter as perdas, a digestibilidade seria no máximo igual ao material de origem. O efeito de aumento da digestibilidade durante

a ensilagem diverge de trabalhos com outros aditivos, como o de Castro Neto et al. (2003) que observaram redução da digestibilidade da cana-de-açúcar após a ensilagem in natura, com uréia ou inoculantes bacterianos.

Os valores de DVIVMS antes da ensilagem para a cana-de-açúcar com aditivo foram superiores aos valores citados por Boin & Tedeschi (1993) de 54 a 65 % da MS. Os valores de DVIVMS mencionados por estes autores estiveram em conformidade aos encontrados para silagens sem e com 0,5 % de aditivo após a ensilagem, mas são inferiores as silagens com 1 e 2 % de aditivo.

Silva et al. (2004) observou aumento da digestibilidade do bagaço de cana com adição de cal virgem. Estas respostas sobre a digestibilidade estão relacionadas à ocorrência de hidrólise alcalina, segundo Jackson (1977), pela expansão das moléculas de celulose e rupturas das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, aumentando a digestão da celulose e hemicelulose.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Digestibilidade verdadeira in vitro da MS (%) <i>In vitro dry matter digestibility (%)</i>	
	Ensilagem <i>Ensilage</i>	Abertura <i>Opening</i>
Controle <i>Control</i>	66,50	62,11
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	71,06	65,63
1% cal <i>1% whitewash</i>	71,09	70,70
2% cal <i>2% whitewash</i>	72,17	79,23

Tabela 7. Digestibilidade verdadeira in vitro da matéria seca (DVIVMS) das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.

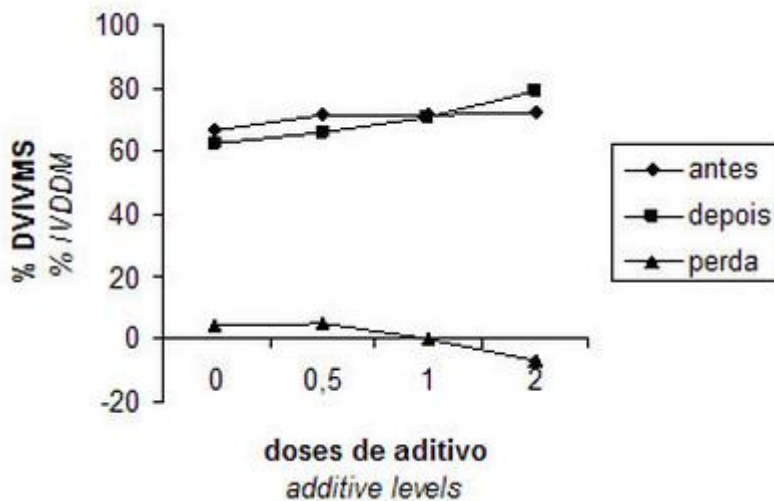


Figura 3. Efeito do óxido de cálcio sobre a DVIVMS antes e após a ensilagem de cana.

Considerando-se que silagens de cana-de-açúcar com a dose de 0,5 % do aditivo não apresentaram redução significativa do teor de FDA antes da ensilagem, sofreram aumento do teor de FDA após abertura e aparentemente não contiveram perdas de carboidratos não fibrosos durante a fase anaeróbia, e que a dose de 2% aumenta demasiadamente o consumo de Ca, onerando o balanceamento entre Ca e P na dieta, a utilização da dose de 1 % sobre a matéria original da cana de açúcar picada parece mais conveniente para aumentar a digestibilidade, no entanto não garante a viabilidade da ensilagem de cana-de-açúcar.

Conclusões

Os resultados sugerem que existe uma relação entre o nível de aditivo, solubilização e consumo de nutrientes durante a fermentação. O grau em que os nutrientes da forragem são solubilizados, disponibilizados e consumidos por microrganismos pode levar a uma compensação entre os parâmetros que indicam o valor nutritivo. O balanço entre os efeitos sobre cada parâmetro avaliado resultou em maior digestibilidade para silagens com aditivo indicando que o mesmo é boa opção para melhorar o valor nutritivo da silagem.

Referências

A.O.A.C. **Association of Official Analytical Chemists**. Official methods of analysis. 10 ed. Washington D.C., A.O.A.C. 1980.

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

BOIN, C.; TEDESCHI, L.O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, 5., Piracicaba, 1993. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993, p.107-126.

CASTRO NETO, A.; FERREIRA, D.A.; MOLINA, L.R. et al.. 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: SBZ, 2003. CD-ROM.

COAN, R.M.; SILVEIRA, R.N.; BERNARDES, T.F. et al.. Composição química da cana-de-açúcar crua ou queimada ensilada com aditivo (compact disc). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., Recife, 2002. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

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

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R.; et al. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum spp L.*) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Fortaleza. **Anais....** CD-ROM.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C; ROCHA, F.C. et al.. 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, Campo Grande, 2004., **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

HALL, M.B. New equations may improve NSC estimating. 1997. Feedstuffs 69(37): 12-14. Department of Dairy and Poultry Sciences. University of Florida, Gainesville 32611. 1997.

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.

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

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

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.; 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. et al.. 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: SBZ, 2004b. CD-ROM.

OLIVEIRA, M. W.; MENDES L.C.; MARQUES W.P. et al.. Adição de hidróxido de cálcio à silagem de cana. ZOOTEC 2004, 28 a 31 de maio de 2004, Brasília, DF.

OWEN, E.; KLOPFENSTEIN, T.; URIO, N.A. Treatment with other chemicals. In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Ed). Straw and other fibrous by-products as feed. Amsterdam: Elsevier, 1984, p.248-275

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.

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.

SILVA, V.M. da; PEREIRA, V.L.A.; LIMA, G.S. de. Produção, conservação e utilização de alimentos para caprinos e ovinos. <http://www.ipa.br/OUTR/CAPR/teproag.htm> (25 fev. 2004).

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

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.

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

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.