

**VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR COM DOSES DE ÓXIDO DE CÁLCIO APÓS ABERTURA DO SILO**

**Geraldo Balieiro Neto**

PqC do Pólo Regional do Centro Leste/APTA  
[geraldobalieiro@apta.sp.gov.br](mailto: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 regional.sp.gov.br](mailto:jrn@apta regional.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 in natura reduz o custo da ração e do produto animal para gado de leite (Oliveira et al., 2004) ou de corte (Nussio et al., 2003a). No entanto, a utilização do potencial produtivo da espécie na forma de silagem acarreta perdas consideráveis durante a fermentação e após abertura do silo.

A exposição da silagem ao oxigênio após abertura do silo causa o crescimento de microorganismos aeróbios facultativos que eventualmente levam a deterioração da silagem. O processo de deterioração aeróbica é iniciado por leveduras ácido tolerantes, sendo que

conforme os ácidos orgânicos oriundos da fermentação são oxidados, o pH se eleva e outros microorganismos começam a proliferar. Este processo resulta em perda de nutrientes reduzindo a qualidade e quantidade da silagem produzida. A estabilidade das silagens após abertura do silo varia em função de diversos fatores. McDonald et al. (1991) observaram efeito do teor de matéria seca, dos ácidos acético e butírico e da contagem de leveduras, apresentando coeficientes de correlação de 0,47; 0,44; 0,36 e 0,58, respectivamente.

Considerando-se as vantagens operacionais que a utilização da cana na forma de silagem pode proporcionar e a necessidade de aditivos para reduzir perdas quantitativas e qualitativas da silagem, poucos trabalhos determinaram o efeito de aditivos sobre o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar no momento da abertura e após abertura do silo.

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 foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de doses de óxido de cálcio sobre o valor nutritivo da silagem no momento da abertura e após três, seis e nove dias após 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 dioxinas e furanos.

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.

A ensilagem foi realizada objetivando alcançar a densidade de 600 kg de forragem/m<sup>3</sup>, 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 e três, seis e nove dias após a abertura, para avaliação das alterações nutricionais após abertura do silo. Estas amostras 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 (DVIVMS) foi determinada pelo método de Tilley & Terry adaptado por Silva & Queiroz (2002).

As recuperações dos CNF e da matéria seca digestível foram realizadas pela seguinte equação:

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

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

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

%Ff: porcentagem 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.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4, sendo os fatores quatro doses de cal e quatro tempos após abertura dos silos. Foram realizadas análises de regressão.

## Resultados e Discussão

Houve efeito linear dos níveis de aditivo e tempo após abertura do silo sobre os teores de PB de forma que com o maior tempo após abertura o aumento do nível de aditivo resultou em menor teor de PB e com o aumento do tempo após abertura maior o teor de PB. A análise de regressão gerou a seguinte equação:

$$y = 3,2639 - 0,1544 X_1 + 0,0849 X_2 \text{ onde,}$$

y = teor de proteína bruta

X<sub>1</sub> = porcentagem de aditivo

X<sub>2</sub> = tempo após abertura do silo (em dias)

R-Square = 0,59; Coeficiente de variação = 7,32

Os valores médios dos teores de PB nos diferentes momentos avaliados encontram-se na Tabela 1. Os efeitos das doses do aditivo sobre os teores de PB podem ser observados na Figura 1. A partir do 3º dia, silagens com aditivo apresentaram valores de PB mais baixos do que as silagens controle. Ao contrário do que possa parecer, o aumento de proteína bruta não é indicativo de melhoria na qualidade da silagem. Provavelmente não houve síntese de proteína bruta. O fato a ser considerado é a perda de carboidratos solúveis após abertura do silo, resultando em aumento proporcional da PB. Assim os menores teores de PB com o aumento do aditivo observado no 9º dia após abertura refletem um menor consumo de carboidratos solúveis e melhor preservação da silagem após abertura do silo.

Tratamento <i>Treatment</i>	Proteína bruta (%) <i>Crude protein (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	3,19	3,89	3,79	4,27
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	3,26	3,66	3,49	3,86
1% cal <i>1% whitewash</i>	3,05	3,70	3,54	3,74
2% cal <i>2% whitewash</i>	3,19	3,72	3,60	3,44

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

Houve efeito linear ( $P < 0,0001$ ) do aditivo sobre o teor de FDN da silagem nos momentos após abertura do silo, os valores médios são apresentados na Tabela 2. O efeito do aditivo sobre os teores de FDN da silagem de cana pode ser observado na Figura 2. Com o aumento do nível do aditivo foi menor o teor de FDN e quanto maior o tempo após abertura do silo maior o teor de FDN. O efeito linear é representado pela seguinte equação de regressão:

$$y = 63,9221 - 8,1247 X_1 + 0,6898 X_2 \text{ onde,}$$

y = teor de FDN;

$X_1$  = % de óxido de cálcio

$X_2$  = tempo em dias

R-Square = 0,90; Coeficiente de Variação = 3,54

Os efeitos das doses do aditivo e do tempo após abertura sobre os valores de FDN da silagem podem ter ocorrido devido a ocorrência de hidrólise alcalina solubilizando a hemicelulose, com possibilidades deste evento, ter sido potencializado pela ação do calor durante a pré-secagem em estufa, ou devido a maior perda de carboidratos solúveis para silagens com menores níveis de aditivo e maior tempo após abertura, que levaria ao aumento proporcional nos teores de FDN.

A alteração nos valores médios de FDN após a abertura do silo foi maior para silagens sem aditivo do que com 0,5% de aditivo e maior com 0,5% do que com 1% de aditivo. Provavelmente a atuação de microorganismos sobre os carboidratos solúveis remanescentes da fermentação acarretou aumento do teor de FDN nas silagens controle e com 0,5% de aditivo no 6º dias após abertura do silo. Assim os resultados sugerem que o aditivo retarda o aumento dos teores de FDN após a abertura do silo, sinalizando maior preservação dos carboidratos solúveis remanescentes da ensilagem.

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 microorganismos resulta em elevação proporcional da fração fibrosa, reduzindo o valor nutritivo da silagem. Uma vez que os teores de FDN foram reduzidos pela presença do aditivo o efeito do mesmo parece contribuir para melhor estabilidade e manutenção do valor nutritivo.

Tratamento <i>Treatment</i>	Fibra em detergente neutro (%) <i>Neutral detergent fiber (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	63,34	65,98	70,98	70,48
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	60,39	63,03	66,61	69,91
1% cal <i>1% whitewash</i>	58,53	58,46	61,24	63,39
2% cal <i>2% whitewash</i>	49,47	51,76	51,97	51,17

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

Houve efeito quadrático do aditivo sobre os valores de FDA nos momentos após abertura da silagem. A equação de regressão é a seguinte:

$$y = 44,7339 + 7,9328 X_1 - 6,3524 X_1^2 + 0,3001X_2 \text{ onde,}$$

y = teor de FDA;

X<sub>1</sub> = % de óxido de cálcio

X<sub>2</sub> = tempo em dias

R-Square = 0,57; Coeficiente de Variação = 9,83

Observou-se que os valores de FDA no dia da abertura o silo foram menores para silagens com aditivo. Além disso, da abertura ao 3º dia os valores de FDA aumentaram e nos momentos subsequentes diminuíram caracterizando o efeito quadrático. Os valores de FDA podem ser observados na Tabela 3 e o efeito do aditivo sobre os mesmos pode ser observado na Figura 3.

Esse aumento nos teores de FDA do momento da abertura ao 3º dias após abertura deve-se provavelmente a uma perda de carboidratos solúveis remanescentes da fermentação devido a utilização desses nutrientes por microrganismos aeróbios, incluindo leveduras.

A redução dos valores de FDA nas medidas tomadas após o 3º dia de abertura pode ter ocorrido parcialmente devido a decomposição do material, explicando a menor redução nos teores de FDA das silagens com mais aditivo, a diferença entre os valores de FDA do 3º ao

6º dias após abertura do silo foram de 5,28; 3,43; 3,13 e 2,15 pontos percentuais, respectivamente para silagens com 0; 0,5; 1 e 2 % de aditivo.

Do 6º ao 9º dia as silagens com 0,5 e 1 % de aditivo sofrem novamente ligeiro aumento nos teores de FDA e silagens com 2 % de aditivo praticamente mantêm o valor, enquanto a silagem controle tem o teor de FDA reduzido. Esta ocorrência deve-se provavelmente a maior quantidade de carboidratos solúveis remanescentes da fermentação nas silagens com aditivo os quais seriam perdidos nestes momentos após abertura, ocasionando um aumento proporcional nos valores de FDA, enquanto a silagem controle apresenta redução nos valores devido a decomposição do material.

As menores oscilações dos valores de FDA para silagens com 2 % de aditivo e com 1 % de aditivo até o 6º dia sinalizam melhor estabilidade e manutenção do valor nutritivo.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Fibra em detergente ácido (%) <i>Acid detergent fiber (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	47,92	49,33	44,05	41,46
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	42,00	51,11	47,68	53,80
1% cal <i>1% whitewash</i>	45,89	47,27	44,14	50,00
2% cal <i>2% whitewash</i>	36,52	38,77	36,62	35,19

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

A análise dos dados coletados em diferentes momentos após a abertura detectou efeito quadrático do aditivo sobre o teor de lignina das silagens. A equação de regressão é a seguinte:

$$y = 7,6965 + 1,4647 X_1 - 1,3841 X_1^2 + 0,0331 X_2 \text{ onde,}$$

y = teor de lignina;

X<sub>1</sub> = % de óxido de cálcio

X<sub>2</sub> = tempo em dias

R-Square = 0,65; Coeficiente de Variação = 13,38

Com a presença do aditivo no nível de 2 % houve redução do teor de lignina, no entanto no 6º dia após abertura do silo os valores de lignina da silagem controle foram menores do que silagens com 0,5 % de aditivo, e no 9º dia após abertura do silo os valores de lignina da silagem foram menores do que silagens com 0,5 e 1 % do aditivo. A causa mais provável dessas ocorrências é o início de decomposição da silagem controle ocorrendo degradação da fibra. Os valores de lignina das silagens com diferentes doses de aditivo encontram-se na tabela 4 e os efeitos do aditivo sobre o conteúdo de lignina das silagens podem ser observados na Figura 4.

Por outro lado, os maiores valores de lignina das silagens com 0,5% de aditivo quando comparada com as silagens com 1 e 2 % de aditivo podem ser explicados devido ao menor efeito de hidrólise ou a maior perda aeróbia de carboidratos remanescentes da fermentação.

Ao longo do tempo os valores aumentam e diminuem para silagem controle, provavelmente devido a perda inicial de carboidratos solúveis remanescentes da fermentação e posteriormente devido à decomposição do material. Os valores das silagens com 0,5 % de aditivo apresentam pequenos aumentos ao longo do tempo e as oscilações para as silagens com 1 e 2 % são pequenas e em geral sinalizam uma contribuição do aditivo na manutenção do valor nutritivo da silagem após abertura.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Lignina (%) <i>Lignin (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	8,36	8,23	6,92	5,94
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	7,73	7,90	8,11	8,16
1% cal <i>1% whitewash</i>	8,01	7,02	6,34	7,69
2% cal <i>2% whitewash</i>	4,34	4,85	4,61	5,55

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

A análise dos dados coletados em diferentes momentos após a abertura detectou efeito quadrático do aditivo sobre o teor de hemicelulose das silagens. A equação de regressão é a seguinte:



$$y = 18,3421 - 12,5505 X_1 + 4,6593 X_1^2 + 0,3895 X_2 \text{ onde,}$$

y = teor de hemicelulose;

$X_1$  = % de óxido de cálcio

$X_2$  = tempo em dias

R-Square = 0,35; Coeficiente de Variação = 29,90

Silagens sem aditivo sofreram aumento dos teores de hemicelulose do momento de abertura ao 9º dia (Tabela 5) e apresentaram valores superiores aos das silagens com 0,5 % de aditivo no 3º, 6º e 9º dias após abertura do silo e silagens com 1 e 2 % de aditivo em todos os momentos após abertura. Essa ocorrência deve-se provavelmente a maior perda de nutrientes solúveis e aumento proporcional da fibra.

Os valores de hemicelulose das silagens com diferentes doses de aditivo podem ser observados na Tabela 5 e os efeitos do aditivo sobre os teores de hemicelulose podem ser observados na Figura 5.

No 3º dia após abertura do silo, silagens com 0,5 % de aditivo reduziram seus teores de hemicelulose, provavelmente devido ao aumento do teor de FDA no mesmo período, enquanto que silagens com 1 e 2 % de aditivo mantiveram seus valores praticamente constantes, demonstrando boa manutenção da composição química da silagem.

No 6º dia ocorreu aumento dos teores de hemicelulose em todos os tratamentos sendo os valores menores quanto maior a dose do aditivo. Essa ocorrência sinaliza que, ainda que em menores níveis, silagens com 1 e 2 % de aditivo também passam a perder nutrientes solúveis nesse período.

Após o provável consumo de nutrientes solúveis por microorganismos aeróbios baseado nas medidas tomadas no 6º dia, as silagens com 0,5 e 1 % de aditivo apresentam uma redução nos valores de hemicelulose no 9º dia, provavelmente devido a decomposição da fração fibrosa, enquanto que silagens com 2 % de aditivo os valores praticamente não se alteram neste período.

O nível de 0,5 % de aditivo ocasiona maiores variações quando comparada a adição de 1 % do aditivo e esse maiores variações quando comparado a 2 % de aditivo.

Os efeitos da utilização de nutrientes solúveis por microrganismos ou preservação dos mesmos devido a provável 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 ter alterado 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 microrganismos ou promover solubilização de constituintes da parede celular, pode resultar em maior disponibilidade de nutrientes solúveis para crescimento microbiano e aumento nos teores de fibra. Isto talvez possa explicar oscilações nos valores de fibra das silagens com diferentes níveis de aditivo. Silagens com 0,5 de aditivo apresentaram teor de FDA da silagem inferior ao da silagem sem aditivo ou com 1 % de aditivo no momento da abertura e no 3º dia apresentou valor maior que as mesmas (Tabela 3), sinalizando maior perda de carboidratos solúveis sem efeito de hidrólise nos constituintes da parede celular e conseqüentemente, influenciando o maior teor de hemicelulose no momento da abertura e brusca redução no 3º dia (Tabela 5). Por outro lado, silagens com 1 e 2 % de aditivo mantiveram valores mais estáveis, indicando melhor manutenção de suas composições químicas.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Hemicelulose (%) <i>Hemicellulose (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	15,42	16,65	26,93	29,02
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	18,39	11,92	18,93	16,11
1% cal <i>1% whitewash</i>	12,64	11,19	17,10	13,39
2% cal <i>2% whitewash</i>	12,95	12,99	15,35	15,98

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

Na análise da DVIVMS nos momentos após abertura do silo foi observado efeito linear do aditivo. A equação de regressão que descreve o efeito foi a seguinte:

$$y = 60,9832 + 9,9258 X_1 - 0,1534 X_2 \text{ onde,}$$

$$y = \text{DVIVMS};$$

$$X_1 = \% \text{ de óxido de cálcio}$$

$$X_2 = \text{tempo em dias}$$

$$R\text{-Square} = 0,92; \text{ Coeficiente de Variação} = 3,16$$

Após abertura do silo a DVIVMS foi maior conforme o incremento das doses do aditivo em todos os momentos avaliados, e para silagens sem e com 0,5 % de aditivo conforme os dias se passavam foi reduzida a DVIVMS. É interessante observar que as silagens com 1 e 2 % de aditivo mantiveram a digestibilidade, provavelmente devido redução na perda dos carboidratos remanescentes da fermentação e manutenção da composição química da forragem. Os valores de DVIVMS podem ser encontrados na Tabela 6 e os efeitos do aditivo sobre a DVIVMS pode ser observados na Figura 6.

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 matéria seca (%) <i>In vitro dry matter true digestibility (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	62,11	58,77	58,32	59,44
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	65,63	64,72	63,32	62,21
1% cal <i>1% whitewash</i>	70,70	72,58	71,62	71,57
2% cal <i>2% whitewash</i>	79,23	79,96	78,97	79,28

**Tabela 6. Digestibilidade verdadeira in vitro da matéria seca (DVIVMS) das silagens de cana-de-açúcar, em porcentagem da matéria seca.**

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.

Houve efeito linear do aditivo sobre os valores de CNF nos momentos após a abertura do silo. Com o aumento do tempo após abertura os valores de CNF foram menores provavelmente devido a perda de compostos voláteis e utilização de carboidratos remanescentes por microrganismos aeróbios. Com o aumento da dose do aditivo houve aumento do teor de CNF e maior manutenção dos valores ao longo do tempo.

Os valores de CNF para silagens com níveis de aditivo podem ser observados na Tabela 7 e os efeitos do aditivo sobre os teores de CNF podem ser observados na Figura 7. A equação de regressão que prediz o efeito do aditivo e do tempo sobre o teor de CNF foi a seguinte:

$$y = 27,3262 + 2,9958 X_1 - 0,8188 X_2 \text{ onde,}$$

$$y = \text{CNF};$$

$$X_1 = \% \text{ de óxido de cálcio}$$

$$X_2 = \text{tempo em dias}$$

$$R\text{-Square} = 0,70; \text{ Coeficiente de Variação} = 9,29$$

Tratamentos <i>Treatments</i>	Teores de carboidratos não fibrosos (CNF%) <i>Contents of the no structural carbohydrates (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	28,20	24,52	19,59	19,61
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	28,58	25,15	21,10	17,43
1% cal <i>1% whitewash</i>	27,19	26,07	23,35	21,00
2% cal <i>2% whitewash</i>	30,92	28,71	28,60	29,57

**Tabela 7. Teores de carboidratos não fibrosos (CNF %) antes da ensilagem e após a abertura dos silos em função do tratamento com aditivo químico.**

A maior preservação dos carboidratos não fibrosos durante a fermentação sugere menor atividade de leveduras que estariam consumindo estes nutrientes. A redução do consumo de carboidratos melhora a qualidade da silagem, por reduzir o incremento na fração fibrosa durante a ensilagem, e reduz perdas quantitativas, devido à volatilização de produtos oriundos da fermentação. Assim, os teores das variáveis-resposta químico-bromatológicas relacionados com as perdas quantitativas dos nutrientes digestíveis e CNF antes da ensilagem e após abertura do silo demonstram a real dimensão das perdas qualitativas.

A recuperação de CNF apresentou efeito quadrático ( $P < 0,0001$ ). A equação de regressão para prever o efeito do aditivo e do tempo sobre a recuperação de CNF é a seguinte:

$$y = 75,4831 - 9,1581 X_1 + 8,9433 X_1^2 - 2,0258 X_2 \text{ onde,}$$

y = recuperação de CNF;

$X_1$  = % de óxido de cálcio

$X_2$  = tempo em dias

R-Square = 0,81; Coeficiente de Variação = 7,70

A recuperação de CNF foi maior para silagens com 2 % de aditivo em todos os momentos, no entanto os valores de recuperação de CNF para silagem com 0,5 e 1 % de aditivo não apresentaram diferenças expressivas em relação a silagem sem aditivo (Tabela 8). O efeito do aditivo sobre a recuperação de CNF pode ser observado na Figura 8. Ao longo do tempo a recuperação de CNF é menor, pois as perdas de carboidratos solúveis continuam

ocorrendo, no entanto silagens com 2 % de aditivo mantiveram seus valores de recuperação de CNF após três dias de abertura.

O efeito do aditivo sobre a recuperação de CNF logo após abertura dos silos para silagens com 0,5 e 1 % deve-se provavelmente ao efeito de ruptura celular e exposição de nutrientes solúveis, tornando-os disponíveis a fermentação microbiana.

No entanto, na fase aeróbia a situação se inverte, sendo que os valores de recuperação de CNF da silagem com 1 % de aditivo são maiores que os da silagem sem aditivo.

Os resultados demonstram que a contribuição do aditivo sobre a recuperação de CNF não ocorre para silagens com 0,5 % de aditivo, se dá apenas na fase aeróbia para silagens com 1 % de aditivo e é efetiva na fase anaeróbia e aeróbia em silagens com 2 % de aditivo.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Recuperação de carboidratos não fibrosos (%) <i>No structural carbohydrates recuperation (%)</i>			
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	6 dias após <i>6 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	75,01	66,13	53,10	53,17
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	73,34	65,55	56,78	47,39
1% cal <i>1% whitewash</i>	69,87	68,40	61,63	55,66
2% cal <i>2% whitewash</i>	86,57	78,63	78,37	81,12

**Tabela 8. Recuperação de carboidratos não fibrosos (Rec CNF) expressa em percentagem da fração ensilada, em função do tratamento com aditivo químico na ensilagem da cana-de-açúcar.**

Houve efeito linear do aditivo sobre a recuperação de MSDV, a análise de regressão deu origem a seguinte equação:

$$y = 70,4003 + 8,5508 X_1 + 1,2653 X_2 \text{ onde,}$$

y = recuperação MSDV;

X<sub>1</sub> = % de óxido de cálcio

X<sub>2</sub> = tempo em dias

R-Square = 0,64; Coeficiente de Variação = 7,45

No entanto, esta equação deve ser interpretada com algumas ressalvas uma vez que a análise envolve perdas durante a fase anaeróbia e aeróbia.

O efeito do tempo zero inclui toda a perda durante a fase anaeróbia, enquanto as medidas no 3º dia referem-se a perda de 3 dias após abertura. Assim ao acrescentarmos 3 dias na equação de regressão gerada pela análise, a recuperação de MSDV será maior quando comparada ao tempo zero e estará correta, pois a maior perda ocorre durante a ensilagem, provavelmente devido ao maior tempo entre as observações tomadas para esta medida e devido a utilização de carboidratos solúveis por microrganismos e perdas por gases durante a fermentação.

No entanto a maior recuperação de MSDV com o aumento do tempo de 3 para 9 dias nas silagens com 2 % de aditivo não é verdadeira, pois, do momento da abertura até 9 dias após abertura a recuperação de MSDV em silagens sem aditivo ou com 0,5 ou 1 % de aditivo foi menor ou semelhante quando comparada a recuperação de MSDV da abertura aos 3 dias (Tabela 9), provavelmente devido a perda de carboidratos remanescentes da fermentação. Os maiores valores observados para silagens com 2 % de aditivo pode ter ocorrido devido a decomposição e/ou mineralização do material, alterando sua digestibilidade.

Assim sendo, durante a fermentação apenas silagens com 2 % de aditivo foram efetivas em reduzir as perdas. Na fase aeróbia houve maior recuperação de MSDV conforme o aumento do aditivo, indicando melhor manutenção do valor nutritivo.

Tratamentos <i>Treatments</i>	Recuperação da matéria seca digestível verdadeira (%) <i>True digestible dry matter recuperation (%)</i>		
	Abertura <i>Opening</i>	3 dias após <i>3 days after</i>	9 dias após <i>9 days after</i>
Controle <i>Control</i>	75,12	83,56	79,34
0,5% cal <i>0,5% whitewash</i>	74,08	87,91	80,06
1% cal <i>1% whitewash</i>	76,55	92,89	92,67
2% cal <i>2% whitewash</i>	88,76	89,90	101,53

**Tabela 9. Recuperação da matéria seca digestível verdadeira (Rec MSDV) expressa em percentagem da fração ensilada, em função do tratamento com aditivo químico na ensilagem da cana-de-açúcar.**

Considerando-se que silagens de cana-de-açúcar com a dose de 0,5 % do aditivo sofreram aumento do teor de FDA após abertura e não contiveram perdas de carboidratos não fibrosos 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% do aditivo parece mais conveniente para reduzir perdas após abertura do silo e aumentar a digestibilidade.

Como a maioria dos efeitos do aditivo parece estar relacionada de alguma forma a perda ou preservação de carboidratos solúveis da cana, o nível de resposta a diferentes doses de aditivo pode variar entre cultivares de cana com diferentes teores de açúcar.

### **Conclusões**

A utilização do aditivo levou a redução nos teores de fibra do material ensilado, manutenção dos teores de FDN e hemicelulose após a abertura do silo, aumento na digestibilidade e incremento da preservação de carboidratos não fibrosos e matéria seca digestível, promovendo maior estabilidade e melhor 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.
- ALVAREZ, F.J.; PRIEGO, A.; PRESTON, T.R. Animal performance on ensiled sugarcane. **Tropical Animal Production**, v.2, p.2-33, 1977.
- 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.
- 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.

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, 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.

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.