

## AVALIAÇÃO DA CAL HIDRATADA COMO AGENTE HIDROLISANTE DE CANA-DE-AÇÚCAR

Mauro Dal Secco de Oliveira<sup>1</sup>, Juliana dos Santos<sup>2</sup>, Felipe Nogueira Domingues<sup>2</sup>, André Dias Lopes<sup>2</sup>, Tiago Máximo da Silva<sup>2</sup>, Diego Azevedo Mota<sup>2</sup>

### RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o pH, a temperatura, a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar variedade IAC 862480, submetida à hidrólise, durante três, seis e nove horas, com zero; 0,5 e 0,6% de cal hidratada. Não houve influência dos níveis da cal nos teores de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose ( $P > 0,05$ ) da cana-de-açúcar. Porém, o teor matéria mineral aumentou ( $P < 0,01$ ) conforme os níveis crescentes de cal. Após seis horas de hidrólise não houve influência na DIVMS; DIVFDN e DIVFDA ( $P > 0,05$ ). Recomenda-se a realização de novos estudos com níveis maiores da cal hidratada a fim de obter alterações na fração fibrosa da cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** cal hidratada, cana-de-açúcar, fibra em detergente neutro, hidrólise, volumoso.

### INTRODUÇÃO

A utilização do tratamento químico de volumosos é bastante antiga. O uso de substâncias alcalinizantes, como o hidróxido de sódio e amônia anidra foram utilizadas com o intuito de melhorar a digestibilidade e o consumo de alimentos fibrosos como palhadas, bagaço da cana-de-açúcar, dentre outros, sempre visando melhoria no valor nutricional dos mesmos, como volumosos para ruminantes (MANZANO et al., 2000; ANDRADE et al., 2001;

OLIVEIRA et al., 2002; EZEQUIEL et al., 2005; LIMA et al., 2006). Posteriormente, os estudos foram direcionados visando alteração do processo fermentativo durante a ensilagem da cana-de-açúcar (PEDROSO, 2003; PIRES et al., 2004; SILVA et al., 2005).

Mais recentemente foram desenvolvidas pesquisas com a cana-de-açúcar picada visando a hidrólise por meio do hidróxido de sódio (NaOH), óxido de cálcio (cal virgem) e do hidróxido de cálcio (cal hidratada) como agentes alcalinizantes, visando a redução dos teores de fibra e conseqüentemente melhoria no consumo pelos animais, armazenamento mais eficiente e minimização da mão-de-obra (COSTA; FRANCO, 1998; FARIA et al., 2000; ANDRADE et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002; PEDROSO 2003; SILVA et al., 2006; SILVA et al., 2005; OLIVEIRA et al. 2006a,b). No entanto, em boa parte das citações não foram apresentadas as composições químicas, tanto das cales hidratadas, quanto das cales virgens, assim como a forma de aplicação. Este aspecto dificulta a comparação ou mesmo a elucidação dos resultados favoráveis ou desfavoráveis, uma vez que a concentração de óxido de cálcio ou de hidróxido de cálcio, ou mesmo de óxido de magnésio são fundamentais para a hidrólise e aproveitamento da cana-de-açúcar pelos animais.

O uso do óxido de cálcio ou cal virgem, na hidrólise de forragens tem por base a formação de hidróxido de cálcio, um agente alcalino com moderado poder de hidrólise da fibra (BERGER et al., 1994). Embora essa ação hidrolizante possa ocorrer, ela é menos intensa que a experimentada usando bases fortes, como os hidróxidos de sódio ou de potássio (KOH). Na hidrólise com a cal virgem ou hidratada, deve-se ressaltar aspectos tais como:

<sup>1</sup> Zootecnista. Professor Adjunto. Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal/ FCAV-Universidade Estadual Paulista – UNESP. Via de Acesso Prof. Paulo D. Castellane, s/n CEP: 14884-900 Jaboticabal-SP Pesquisador do CNPq, email: mauro@fcav.unesp.br

<sup>2</sup> Médico Veterinário. Pós-graduando da FCAV-UNESP.

concentração de óxido de cálcio e de hidróxido de cálcio, óxido de magnésio, quantidade da cal em relação a cana, tempo de hidrólise, homogeneização da cal e da cal com a cana, forma de aplicação (solução ou pó) dentre outros.

Ressalta-se que a ação hidrolisante dos diferentes agentes alcalinos no sentido de reduzir os teores de FDN, hemicelulose (HEM) e de FDA da cana-de-açúcar, está relacionada com a melhoria no consumo e na digestibilidade da mesma, com possível melhoria no desempenho animal (OLIVEIRA et al., 2002; SILVA et al., 2006). Costa; Franco (1998) relataram que a hidrólise da cana-de-açúcar com agente alcalinizante (hidróxido de sódio), além de aumentar a digestibilidade, os animais a consome mais. Observaram que os bovinos ingeriram 50% a mais de cana-de-açúcar hidrolisada em relação à silagem de milho. Ressaltaram ainda que, o fato da cana hidrolisada ser mais bem aproveitada, ocorre uma economia na quantidade de concentrado. Numa dieta à base de silagem de milho, pode ocorrer uma economia de 10 a 20% por meio do uso da cana hidrolisada.

Silva et al. (2006) hidrolisaram a cana-de-açúcar com hidróxido de cálcio, ou seja, cal hidratada (1 kg/100kg de cana-de-açúcar picada) e após 24 horas observaram melhora na estabilidade, na composição química (redução nos teores de FDN, FDA e de HEM) e na digestibilidade (aumentou a digestibilidade *in vitro* da MS), porém houve queda no teor da proteína bruta (PB). Não especificaram se a cal foi aplicada em solução ou em pó, no entanto segundo os autores, possivelmente a cal hidratada promoveu alteração na estrutura da proteína, que está presente no conteúdo da bainha parenquimática dos feixes vasculares das plantas "C4", que contém alto teor de carboidratos estruturais, os quais podem estar associados à LIG. Com relação à redução de 5,71; 3,47 e 2,24%, respectivamente, nos teores de FDN, FDA e HEM,

atribuiu-se à solubilização parcial dos constituintes da parede celular, pois o efeito alcalino sobre volumosos muito fibrosos, como no caso da cana-de-açúcar, normalmente se dá pela solubilização parcial da hemicelulose e a expansão da celulose, o que facilitou o ataque de microrganismos ruminais à parede celular, resultando em aumento na digestibilidade *in vitro*.

Domingues et al. (2006) avaliaram o efeito da hidrólise da cana-de-açúcar com a cal virgem (94,1% de CaO) e concluíram que houve controle eficaz das leveduras, assim como ocorreu aumento na estabilidade aeróbia. Este aspecto é interessante, pois as leveduras estão associadas à deterioração aeróbia de alimentos ricos em carboidratos, como é o caso da cana-de-açúcar.

Oliveira et al. (2006 a,b) observaram reduções de 5,84 e de 11,53% nos teores de FDN e de HEM, respectivamente, quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 0,5% de cal hidratada (72% de CaO), tanto na forma em solução (0,5 kg de cal:2 litros de água: 100 kg de cana picada); quanto a seco (cal aplicada diretamente sobre a cana). Em relação à digestibilidade *in vitro* notou-se melhora na digestibilidade da matéria seca e da FDN. Ressaltaram a possibilidade do uso da cal hidratada ser utilizada em pó, face à praticidade.

Procurou-se, no presente estudo, determinar o pH, a temperatura, a composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido da cana-de-açúcar, variedade IAC 862480, submetida à hidrólise com cal hidratada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no setor de Bovinocultura de Leite do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP. Na Tabela 1 é apresentada composição química da cal hidratada.

Tabela 1. Composição química e característica física da cal hidratada (hidróxido de cálcio), Jaboticabal-SP, 2005.

Características	Porcentagem
Ca(OH) <sub>2</sub> (Hidróxido de cálcio)	Min. 95,50
CaO (Óxido de cálcio total)	Min. 72,50
CaCO <sub>3</sub> (Carbonato de Cálcio)	Max. 3,50
MgO (Óxido de magnésio)	Max. 1,50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de Ferro)	Max. 0,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Óxido de Alumínio)	Max. 0,20
Mn (Manganês)	Max. 0,008
Umidade	Max. 0,90
Retenção Mesh 100	Max. 0,10

Max =máximo; Min = mínimo

A cana-de-açúcar foi picada em picadeira, proporcionando tamanhos de partículas de aproximadamente 8 mm. Preparou-se a mistura da cal hidratada com água e cana picada nas proporções de zero; 0,5 e 0,6 kg: 2,0 L: 100 kg, respectivamente. Mantendo as proporções estabeleceu-se amontoados de 15 kg de cana-de-açúcar. A solução da cal foi distribuída sobre o amontoado de cana, em piso cimentado de um galpão coberto, e em seguida feita a homogeneização. Nos tratamentos com o nível zero da cal, a cana foi misturada apenas com água. Posteriormente, estabeleceu-se o amontoado, o qual permaneceu em repouso por três, seis e nove horas. Retirou-se amostras da cana-de-açúcar nos diferentes tempos, sendo armazenadas em congelador para posterior análise química.

Foi obtido o caldo da cana-de-açúcar para a leitura do pH em peagâmetro conforme os diferentes tempos de hidrólise. Da mesma forma fez-se leituras das temperaturas externa e interna do amontoado de cana-de-açúcar, por meio de termômetro de infravermelho. A leitura no tempo zero de hidrólise foi tomada logo após a aplicação da cal hidratada em solução.

No ensaio da digestão *in vitro* utilizou-se uma vaca da raça Holandesa como doadora de conteúdo ruminal. O animal permaneceu numa baia, durante 15 dias, com cocho de alimentação, bebedouro e cocho para mistura mineral. Fez-se a adaptação do animal ao local, ao tratador e à ração (25 kg de cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal hidratada + 3,0 kg de concentrado mistura de milho + farelo de soja + suplemento mineral).

A colheita do conteúdo ruminal foi realizada no período da manhã do 16º dia do início da adaptação, sendo o mesmo colhido manualmente antes da primeira refeição. Acondicionou-se adequadamente em recipiente mantido dentro de uma caixa de isopor a fim de manter a temperatura e, após a retirada da quantidade necessária, injetou-se ao mesmo gás CO<sub>2</sub> a fim de manter a

anaerobiose. Posteriormente submeteu-se à filtragem em tecido de algodão, através de pressão manual. O líquido obtido foi utilizado para inoculação nos jarros de fermentação do fermentador ruminal DAISY II, contendo os sacos de fermentação com as amostras e a saliva artificial, ou seja, a solução tampão A, em gramas/litro (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 10,0; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O = 0,5; NaCl = 0,5; CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O = 0,1 e Uréia = 0,5) e a solução tampão B, em gramas/litro (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> = 15,0 e Na<sub>2</sub>S·9H<sub>2</sub>O = 1,0). Quantidades de 0,5g de cada amostra foram colocadas em sacos de fermentação e estes no fermentador ruminal DAISY II, durante 48 horas e posteriormente com pepsina e ácido clorídrico durante 24 horas.

Determinou-se os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da cana-de-açúcar submetida aos diferentes níveis e tempo de hidrólise com a cal hidratada.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x3 (três níveis de cal hidratada x três tempos de hidrólise) com três repetições, no caso da análise da composição bromatológica e da digestão *in vitro*. Em relação ao pH e às temperaturas dos amontoados fez-se a análise estatística em DIC no esquema fatorial 3x4 (três níveis de cal x quatro tempos de hidrólise) com três repetições por tratamento, utilizando-se o ESTAT (Sistema para Análise Estatística), versão 2.0, Departamento de Ciências Exatas, FCAV/UNESP.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 e Figura 1 estão expressas as médias de pH da cana-de-açúcar submetidas aos diferentes tratamentos. Notou-se que a presença da cal hidratada alterou, significativamente, o pH da cana-de-açúcar, durante os diferentes tempos de hidrólise (P<0,01).

Tabela 2. Desdobramento da interação entre os níveis da cal hidratada e os tempos de hidrólise para os valores de pH da cana-de-açúcar, Jaboticabal-SP, 2005.

Tempo de Hidrólise (horas)	Níveis de cal hidratada (%)		
	0	0,5	0,6
0	5,32aB	11,67aA	11,63aA
3	5,37aB	11,36bA	11,40abA
6	5,36aB	11,08bcA	11,21bA
9	5,43aB	10,90cA	11,12bA
CV (%)	1,40		

Médias seguidas de letras iguais na coluna (minúscula) e na linha (maiúscula), não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

CV = Coeficiente de Variação.

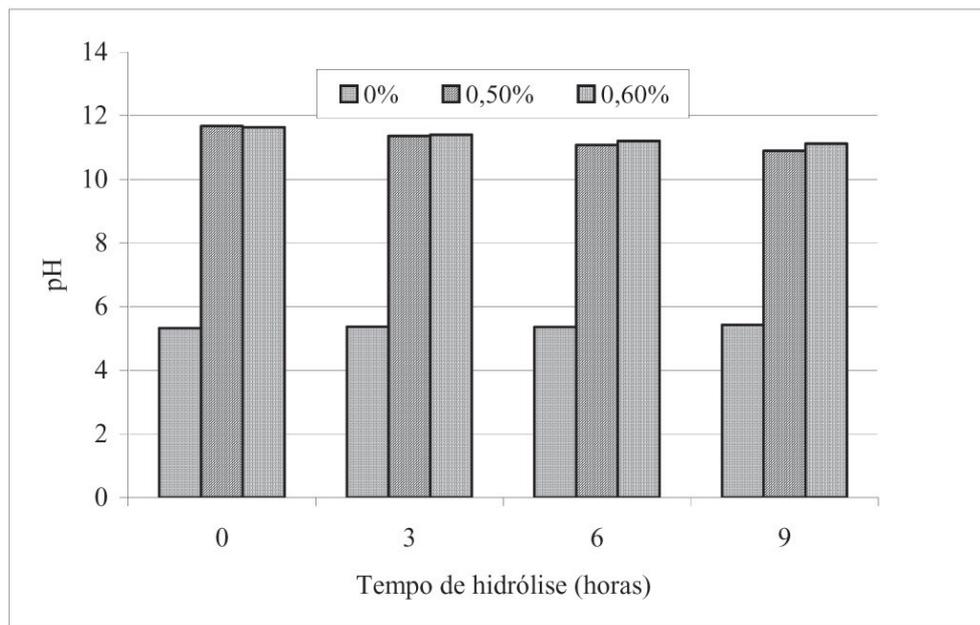


Figura 1. Médias de pH da cana-de-açúcar submetida os diferentes tratamentos.

As médias de pH, quando a cana foi hidrolisada com os níveis de zero, 0,5 e 0,6% foram de 5,37; 11,25 e 11,34, respectivamente ( $P < 0,01$ ). Em relação aos tempos zero, três, seis e nove horas, os valores foram de 9,54; 9,37; 9,22 e 9,15, respectivamente ( $P > 0,05$ ). Observou-se interação ( $P < 0,01$ ) entre os níveis da cal e os tempos de hidrólise (Tabela 2).

Notou-se que houve ação da cal hidratada sobre a cana-de-açúcar, uma vez que o pH de 5,32 (zero %) passou para 11,67 no nível de 0,5% de cal e 11,63 no nível de 0,6% de cal ( $P < 0,01$ , Tabela 2). A alteração do pH foi verificada por SILVA et al. (2006) quando submeteram a cana-de-açúcar à hidrólise com cal hidratada (pH = 7,94 após 24

horas contra 5,71 da cana "in natura").

Na Figura 1 nota-se que os valores de pH da cana-de-açúcar mantiveram-se praticamente constantes durante as nove horas de hidrólise. Este aspecto é interessante, pois por um lado houve apenas tendência em reduzir os teores dos nutrientes, principalmente da fração fibrosa; o fato de o pH manter-se estável ao longo das nove horas de hidrólise é positivo, pois está relacionado com a preservação da cana à ação de microrganismos dentre outros aspectos, que poderiam prejudicar a qualidade da mesma (DOMINGUES et al., 2006).

Na Tabela 3 e Figura 2 encontram-se os valores de temperatura dos amontoados da cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos.

Tabela 3. Médias das temperaturas externas e internas dos amontoados de cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos, Jaboticabal-SP, 2006.

Níveis da cal hidratada, % (N)	Temperatura	
	Externa	Interna
0	21,91 a	21,03 a
0,5	22,17 a	20,77 a
0,6	22,49 a	20,70 a
Tempo de hidrólise, horas (T)		
0	17,69 d	18,08 c
3	21,93 c	20,28 b
6	24,98 b	21,96 a
9	24,16 a	23,00 a
CV(%)	2,64	5,01

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ )

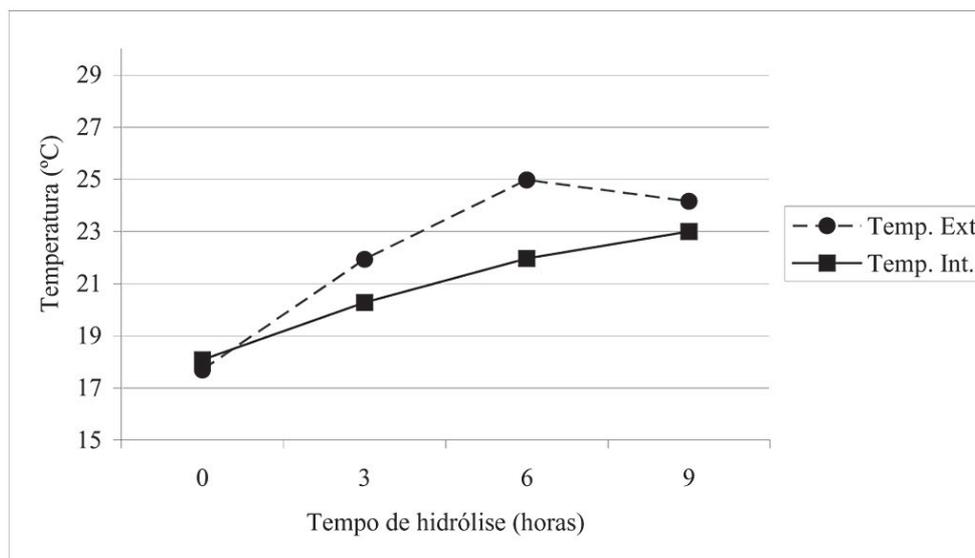


Figura 2. Médias da temperatura externa e interna do amontoado cana-de-açúcar submetida aos diferentes tempos de hidrólise.

Observa-se que tanto as temperaturas externa (TE), e interna (TI) dos amontoados de cana-de-açúcar foram mantidas, independente do nível da cal hidratada utilizada, correspondendo às médias gerais de 22,52 °C e 20,83 °C para as TE e TI ( $P > 0,05$ ), respectivamente. Por outro lado, ambas temperaturas foram alteradas à medida que a cana-de-açúcar permaneceu mais tempo em hidrólise. A TE aumentou até as nove horas de hidrólise (média de 24,16 °C). A TI aumentou inicialmente, porém a partir das seis horas, estatisticamente não variou em relação às nove horas de hidrólise ( $P > 0,05$ ). Tal fato reforça o aspecto da preservação da cana hidrolisada em adição à manutenção do pH e portanto, mantendo as condições inadequadas para a ação de microrganismos, que poderiam prejudicar a qualidade da cana-de-açúcar.

Na Tabela 4 estão expressos os resultados da composição bromatológica da cana-de-açúcar hidrolisada conforme os tratamentos propostos. Pode-se observar que a hidrólise com a cal hidratada não afetou estatisticamente ( $P > 0,05$ ) os teores de matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), carboidratos não fibrosos (CNF) e de nutrientes digestíveis totais (NDT).

Geralmente, a ação alcalinizante do hidróxido de cálcio proporciona redução nos teores de FDN e de HEM da cana-de-açúcar, causando a solubilização parcial da HEM, por meio do intumescimento alcalino da mesma, causado pela cal

(OLOLADE et al., 1973; KLOPFENSTEIN, 1980; SUNDSTOL; OWEN, 1984; BERGER et al., 1994; VAN SOEST, 1994). Com relação aos teores de FDA a cal não teve ação sobre este nutriente, assim como na própria lignina (LIG).

Salienta-se que a ação hidrolisante da cal hidratada sobre os componentes da cana-de-açúcar depende de vários fatores, principalmente dos teores de óxido de cálcio e de óxido de magnésio, dentre outros. Dependendo da origem da rocha, estes teores poderão apresentar variações acentuadas e significativas, o que irá influir diretamente sobre o poder hidrolisante da cal.

Oliveira et al. (2006b) notaram redução no teor de HEM face à ação hidrolisante da cal hidratada em nível de 0,5% (matéria natural) e aumento nas digestibilidades da MS, FDN e FDA de 2,8; 8,5 e 27% (seis horas de hidrólise), respectivamente, quando utilizaram cal com no mínimo 72,0% de óxido de cálcio, máximo de 95% de hidróxido de cálcio e máximo 2% de óxido de magnésio. Ressalta-se que o efeito está diretamente relacionado com a concentração de CaO ou de  $\text{Ca(OH)}_2$ , sendo que a cal utilizada no presente estudo, apresentou valores mínimo de 72,5% de CaO e máximo de 1,5% de óxido de magnésio.

Apesar da queda observada ( $P < 0,01$ ) nos teores de proteína bruta (PB), houve uma redução de apenas 7,35%, quando se adicionou 0,5% de cal hidratada em relação ao nível zero. Considerando-se os níveis de 0,5 e 0,6% de cal hidratada, as médias de PB foram iguais (média de 2,52%).

Devido à adição da cal hidratada, os teores de matérias orgânica (MO) e mineral (MM) foram reduzidos e aumentados ( $P < 0,01$ ), respectivamente. Tal fato está de acordo com a hipótese de que a composição da cal hidratada, ou seja, teores elevados de minerais, levariam a um aumento na MM da cana. Pode-se notar aumentos de 71,42 e 82,04%, nos teores de MM, quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 0,5 e 0,6% de cal hidratada, respectivamente. Apesar do aumento significativo, a quantidade de cálcio presente na cal, não foi suficiente para causar o efeito hidrolisante necessário sobre os teores dos nutrientes da cana-de-açúcar, em especial da fração fibrosa.

Conforme as médias apresentadas na Tabela 4, observou-se que numericamente os teores de FDN e de HEM foram menores devido à ação da cal hidratada. Salienta-se que de alguma forma a cal hidratada agiu sobre a fração fibrosa da cana-de-açúcar, apesar de estatisticamente as médias não terem diferido entre si. Possivelmente, o efeito não tenha sido significativo ( $P > 0,05$ ) principalmente, devido à quantidade da cal utilizada com conseqüente poder insuficiente de hidrólise. O efeito alcalinizante provocando a solubilização parcial da HEM foi pouco evidenciado ( $P > 0,05$ ). Esta solubilização é conhecida como "entumescimento alcalino da celulose", que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio (JACKSON, 1977). Possivelmente, os teores da celulose (CEL), nas condições do presente trabalho, não tenham sido afetados pela hidrólise, embora essa fração não tenha sido analisada.

Oliveira et al. (2006a,b) hidrolisaram a

cana-de-açúcar com cal hidratada, diferente da utilizada no presente estudo, e verificaram redução de 5,84 % e de 11,53 % nos teores de FDN e HEM, assim como o aumento na DIVMS de 2,8 %, evidenciando o poder alcalinizante sobre a cana-de-açúcar. Os autores ressaltaram, ainda, a facilidade no manuseio da cal hidratada, uma vez que a mesma não apresenta aquecimento após misturar-se com água, além de poder ser utilizada em pó (fácil aplicação).

Os teores de carboidratos totais (CHO) foram diminuídos, quando submeteu-se a cana-de-açúcar à hidrólise com a cal hidratada ( $P < 0,01$ ). A redução foi de apenas 1,64% quando a cana foi hidrolisada com 0,5% de cal hidratada. Tal fato ocorreu, possivelmente, devido à ação alcalinizante da cal sobre os açúcares da cana, causando alteração nos teores dos CHO. Por outro lado, apesar das reduções significativas ( $P < 0,01$ ) notou-se que as médias de NDT da cana não foram influenciadas pelos níveis de cal hidratada utilizados. O fato do teor de NDT ter sido mantido é interessante, restando a expectativa de tais alterações terem causado, por exemplo, melhoria na digestibilidade dos nutrientes (SILVA et al., 2005). À medida que aumentou o tempo de hidrólise, houve aumento ( $P < 0,01$ ) no teor de EE. Todavia, observou-se que a média de EE obtida nos tempos de seis (0,42%) e nove horas (0,50%) foram semelhantes estatisticamente. Portanto, o efeito sobre o teor de EE foi pequeno, comparando-se os níveis de zero e 0,5% de cal hidratada. Os demais nutrientes não foram influenciados pelos tempos de hidrólise. Neste caso, mesmo depois de nove horas de hidrólise os teores dos nutrientes da

Tabela 4. Composição bromatológica\* (% na MS) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos, Jaboticabal-SP, 2005.

N (%)	MS	MO	PB	EE	MM	FDN	FDA	HEM	CHO	CNF	NDT
0	24,69 a	97,54 a	2,72 a	0,41 a	2,45 b	41,19 a	25,02 a	16,17 a	94,40 a	53,20 a	70,32 a
0,5	24,44 a	95,79 b	2,52 b	0,40 a	4,20 a	40,66 a	25,14 a	15,51 a	92,85 b	52,19 a	70,24 a
0,6	24,62 a	95,54 b	2,52 b	0,45 a	4,46 a	41,29 a	24,28 a	16,99 a	92,55 b	51,26 a	70,84 a
T (horas)											
3	24,50 a	96,44 a	2,58 a	0,35 b	3,55 a	40,52 a	24,88 a	15,63 a	93,51 a	52,98 a	70,42 a
6	24,69 a	96,36 a	2,58 a	0,42 ab	3,63 a	41,27 a	24,61 a	16,66 a	93,35 a	52,08 a	70,61 a
9	24,56 a	96,06 a	2,61 a	0,50 a	3,93 a	41,35 a	24,96 a	16,38 a	92,94 a	51,59 a	70,36 a
CV (%)	3,55	0,53	3,34	16,34	13,86	4,38	4,94	10,50	0,56	3,83	1,21

Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey.

MS= Matéria Seca; MO= Matéria Orgânica; PB= Proteína Bruta; EE= Extrato Etéreo; MM= Matéria Mineral; FDN= Fibra em Detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido; HEM= Hemicelulose; CHO = Carboidratos; CNF= Carboidratos Não Fibrosos; NDT= Nutrientes Digestíveis Totais; N= Níveis da cal hidratada; T= Tempo de hidrólise; CV= Coeficiente de Variação.

\*Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da FCAV-UNESP.

cana-de-açúcar foram mantidos.

Não observou interação ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de cal com os tempos de hidrólise da cana em nenhum dos nutrientes estudados.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios dos coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar submetida aos

diferentes tratamentos. Notou-se que a hidrólise com a cal hidratada não influenciou na DIVFDN e DIVFDA ( $P > 0,05$ ). As médias da DIVFDN e DIVFDA, em nível de 0,5% de cal hidratada foram de 23,10 e 18,00%, respectivamente. Porém, houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os níveis de cal hidratada e os tempos de hidrólise para a DIVMS da cana-de-açúcar (Tabela 6).

Tabela 5. Valores médios, em porcentagem, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos. Jaboticabal-SP, 2005.

Níveis da cal hidratada (%)	DIVMS	DIVFDN	DIVFDA
0	67,22	23,09	18,41
0,5	67,80	23,10	18,00
0,6	68,71	26,05	17,13
Tempo de hidrólise (horas)			
3	68,14	23,06	17,09
6	67,40	23,77	17,22
9	68,19	25,41	19,24
CV (%)	2,06	14,85	20,86

CV = Coeficiente de Variação.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre níveis da cal e tempos de hidrólise para a porcentagem de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos, Jaboticabal-SP, 2005.

Tempo de hidrólise (horas)	Níveis da cal hidratada (%)		
	0	0,5	0,6
3	65,68 aA	68,82 aB	69,93 aB
6	68,45 aA	66,60 aA	67,15 aA
9	67,52 aA	68,00 aA	69,05 aA

Médias seguidas de letras diferentes na coluna (minúscula) e na linha (maiúscula), diferem entre si, pelo teste de Tukey.

Considerando-se os diferentes níveis da cal hidratada, não foi observada diferença significativa ( $P > 0,05$ ) em nenhum dos tempos. Por outro lado, às três horas da hidrólise verificou-se que houve diferença significativa ( $P < 0,01$ ) nas médias da DIVMS da cana-de-açúcar. Houve aumento de 4,78 e 6,47% em níveis de 0,5 e 0,6% da cal hidratada em relação ao nível zero, respectivamente. Isto demonstrou que até as três horas, a hidrólise ocorreu de forma acentuada. Todavia em níveis de 0,5 e 0,6% as médias de DIVMS foram semelhantes ( $P > 0,05$ ). Entretanto, o efeito desapareceu nos intervalos subseqüentes, ou seja, as seis e nove horas

após o início da aplicação da cal sobre a cana-de-açúcar. Este fato está relacionado, possivelmente, com a quantidade utilizada para realizar a hidrólise (máximo de 0,6% de cal). Outro aspecto seria a própria concentração de óxido de cálcio total presente na cal hidratada utilizada na presente investigação.

Com relação à DIVFDN e à DIVFDA, nem sempre o efeito é evidente, embora Jackson (1977) tenha obtido aumento na digestão da HEM e da CEL. Provavelmente, uma quantidade maior de cal hidratada poderia ter causado efeito hidrolisante significativo sobre a cana-de-açúcar.

## CONCLUSÃO

A hidrólise da cana-de-açúcar com 0,5 ou 0,6% de cal hidratada não foram suficientes para promover a ação hidrolisante necessária, a fim de melhorar a qualidade da cana-de-açúcar.

## Lime (calcium hydroxide) evaluation as a hydrolysis agent for sugarcane

### ABSTRACT

The objective of this research was to determine the sugarcane IAC 862480 variety bromatologic composition, pH, temperature, in vitro dry matter digestibility (IVDMD), neutral detergent fiber (IVNDFD) and acid detergent fiber (IVADFD) submitted to hydrolysis during three, six and nine hours with zero, 0,5 and 0,6% lime. There wasn't influence of the lime levels on the dry matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and hemicellulose. There were significant differences for all of the treatments with lime for mineral matter levels ( $P < 0.01$ ). After 6 hours, the addition of the lime (calcium hydroxide) didn't have significant effect on IVDMD, IVNDFD and IVADFD of the sugarcane ( $P > 0.05$ ). A new study is recommended with higher levels of hydroxide calcium.

**Keywords:** hydrated lime, hydrolysis time, neutral detergent fiber, roughage, sugarcane.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J.B.; FERRARI Jr., E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 36, p. 1265-1268, 2001.
- BERGER, L.L.; FAHEY Jr., G.C.; BOURQUIM, L.O. **Modification of forage quality after harvest**. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). Forage quality, evaluation e utilization. American Society of Agronomy, 1994, p.922-966.
- COSTA, B.; FRANCO, M. Cana. **DBO Rural**, p.64-73, 1998.
- DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, A.P.T.P.; SANTOS, J.; ANDRADE, A.T.; MONTEIRO, R.R.; ROTH, M.T.P.; MAGARIO, F.B. Efeitos das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microrganismos da cana-de-açúcar "in natura". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006. João Pessoa. **Anais ...** Paraíba: SBZ, 2006. CD ROM.
- EZEQUIEL, J.M.B.; QUEIRÓZ, M.A.A.; GALATI, R.L. Processamento da cana-de-açúcar: Efeito sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.
- FARIA, A.E.L.; OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C. Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos e condições de armazenamento. **Ars Veterinária**, v.16, n.3, p.220-226, 2000.
- JACKSON, M. G. Review article: the alkali treatment of 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 treatments**. In: HUBER, J.T. Upgrading residues and products for animals. Ed. CRC Press, 1980, p.40-60.
- LIMA, J.B.M.P.; GRAÇA, D.S.; BARBOSA, G.S.S.C.; SOUZA, G.M. Digestibilidade aparente e consumo de matéria seca, proteína bruta e energia do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) tratado com amônia anidra. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006. João Pessoa. **Anais ...** Paraíba: SBZ, 2006. CD ROM.
- MANZANO, R.P.; FUKUSHIMA, R.S.; GOMES, J.D.F.; GARIPPO, G. Digestibilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com reagentes químicos e pressão de vapor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1196-1204, 2000.
- OLIVEIRA, M.D.S.; QUEIROZ, M.A.A.; CALDEIRÃO, E.; BETT, V.; RIBEIRO, G.M. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Ars Veterinaria**, v.18, n.2, p.167-173, 2002.
- OLIVEIRA, M.D.S.; SHINODA, J.; BODRICK, R.; SANTOS, J.; LOPES, A.D.; SILVA, T.M.; OLIVEIRA, I.S.; MOTA, D.A. ; BRITO, D.R.B. Efeito da hidrólise com cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a

digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006a. João Pessoa. **Anais ...** Paraíba: SBZ, 2006a. CD ROM.

OLIVEIRA, M.D.S.; SHINODA, J.; BODRICK, R.; SANTOS, J.; LOPES, A.D.; SILVA, T.M.; OLIVEIRA, I.S.; MOTA, D.A.; BRITO, D.R.B. Efeito da hidrólise com a cal (Hidróxido de cálcio) sobre a Composição bromatológica da cana-de-açúcar (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006b. João Pessoa. **Anais ...** Paraíba: SBZ, 2006b. CD ROM.

LOLADE, B. G.; MOWAT, D. N.; SMITH, G. C. digestibility and nitrogen retention of NaOH treated diet. **Journal of Animal Science**, v. 37, n. 1, p. 352-358, 1973.

PEDROSO, F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*)**. 2003. 120p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Inoculantes microbiológicos e aditivos químicos na fermentação e estabilidade aeróbica das silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) cru e queimada. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004. Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande: SBZ, 2004. CD-ROM.

SILVA, T.M.; OLIVEIRA, M.D.S.; SAMPAIO, A.A.M.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A. Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade ruminal *in vitro*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005. Goiânia. **Anais ...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.

SILVA, R.,A.; CACERE, E.R.; DIAS, A.C.S.; RIBEIRO, C.B.; SOUZA, A. R.D.L.; VASCONCELOS, P.C.; MORAIS, M.G.; FRANCO, G.L. Efeito da adição de cal hidratada na cana-de-açúcar picada sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006. João Pessoa. **Anais ...**

Paraíba: SBZ, 2006. CD-ROM.

SUNDSTOL. J.; OWEN, E **Straw and other fibrous by-products as feed**. Amsterdam, Elsevier Press. 1984. 604p.

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