

AVALIAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM DIFERENTES NÍVEIS DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO¹

ACYR WANDERLEY DE PAULA FREITAS², FERNANDA CIPRIANO ROCHA³, JAILSON LARA FAGUNDES⁴, RICARDO DA FONSECA³,
AUGUSTO ZONTA²

¹Recebido para publicação em 08/06/09. Aceito para publicação em 17/11/09.

²Polo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Sul (PRDTA), Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA), Caixa postal 191, CEP 17800-000, Adamantina, SP. E-mail: apfreitas@apta.sp.gov.br

³Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus Experimental de Dracena, Rodovia SP 294, km 651, CEP 17900-000, Dracena, SP, Brasil.

⁴Universidade Federal de Sergipe (UFS), Cidade Universitária Prof. Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristovão, SE, Brasil.

RESUMO: O presente estudo foi desenvolvido para avaliar as alterações na composição bromatológica, estimar a taxa de digestão dos carboidratos fibrosos (CF) e não-fibrosos (CNF), determinar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e estimar o NDT da cana-de-açúcar tratada com as seguintes doses de hidróxido de cálcio: 0; 0,25; 0,5; 1; 2 e 4%, armazenada por 24 horas. Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), os carboidratos não fibrosos (CNF) e as frações B₂ e C dos carboidratos totais. As taxas de digestão das frações dos carboidratos totais foram estimadas por meio da técnica de produção de gases, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) pela técnica de dois estádios e o NDT estimado pela composição bromatológica. Os teores de PB, MM, hemicelulose, FDN e CNF sofreram efeito quadrático. Enquanto os teores de MS e de lignina obtiveram efeito linear. Com o aumento das doses de hidróxido foi verificado aumento do teor de MS e redução dos teores de lignina. As taxas de digestão dos CNF e da fração B₂, e o volume total de gás não foram afetados pela adição de hidróxido de cálcio. A taxa de digestão média dos CNF e da fração B₂ estimada para a cana-de-açúcar foi de 0,143 h⁻¹ e 0,0229 h⁻¹, respectivamente. O pH da cana-de-açúcar, a zero e às 24 horas, variou de 5,7 a 12,39 e de 3,66 a 12,09. O volume final de gás não foi influenciado pelos níveis de hidróxido de cálcio e a DIVMS máxima 76,9% foi obtida com 4% de hidróxido de cálcio. Apesar de o NDT estimado ter aumentado linearmente, tendo em vista o comportamento quadrático da DIVMS e a não alteração do volume total de gás, pode-se inferir que estas estimativas não foram adequadas para avaliar o valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada.

Palavras chave: cal, hidrólise, produção de gás

EVALUATION OF SUGAR CANE WITH CALCIUM HYDROXIDE DIFFERENT LEVELS

ABSTRACT: The present study was developed to evaluate the changes in chemical composition, to estimate the rate of fiber carbohydrates digestion (CF) and non-fiber carbohydrates (NFC), to determine the *in vitro* dry matter digestibility (IVDMS) and estimates the sugar cane TDN treated with the following doses of calcium hydroxide: 0, 0.25, 0.5, 1, 2 and 4%, stored for 24 hours. The contents of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), mineral matter (MM), neutral detergent fiber (NDF), non-fiber carbohydrate (NFC) and the fractions B₂ and C of total carbohydrate were done. The rates of the total carbohydrates fractions digestion were estimated by the gas production technique, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) by the two stages technique and the TDN estimated by the chemical composition. The levels of CP, MM, hemicelulose, NDF and NFC showed a quadratic behavior, while the levels of DM and lignin presented a linear behavior. With increasing doses of calcium hydroxide, increasing content of DM and reduce

percentage of lignin were observed. The NFC digestion rates and the B₂ fraction, the total gas volume were not affected by the addition of calcium hydroxide. The average rate of NFC digestion and the B₂ fraction estimated for the sugar cane were 0.143 h⁻¹ and 0.0229 h⁻¹, respectively. The sugar cane pH, at zero and 24 hours, ranged from 5.7 to 12.39 and 3.66 to 12.09. The total gas production was not influenced by levels of calcium hydroxide and maximum IVDMD 76.9% was obtained with 4% calcium hydroxide. Although the estimated TDN was increased linearly, considering to the quadratic behavior of IVDMD and no differences on the total gas volume, we can infer that such estimates were not adequate to assess the nutritional value of hydrolyzed sugar cane.

Key words: gas production, hydrolysis, lime

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar, uma das alternativas para minimizar a nutrição animal inadequada, destaca-se entre as gramíneas tropicais utilizadas como forragem. A facilidade de cultivo, a execução da colheita justamente nas épocas de estiagem e o alto potencial de produção de matéria seca e energia por unidade de área, em um único corte, tornaram-na um alimento de grande interesse dos pecuaristas.

A cana-de-açúcar é caracterizada por apresentar dois componentes em maiores proporções: açúcares e material fibroso (RODRIGUES e BARBOSA, 1999). De acordo com PRESTON e LENG (1980), esta forrageira tem a peculiaridade de apresentar a utilização dos dois componentes de maiores proporções de modos bem diferenciados pelos microrganismos ruminais, ou seja, enquanto os açúcares são rapidamente fermentados no rúmen e de fácil aproveitamento pelo animal, o material fibroso (carboidratos estruturais) é utilizado lentamente.

Os carboidratos estruturais da cana-de-açúcar são uma fonte potencial de energia de baixo custo para ruminantes. No entanto, seu potencial como fonte de energia é limitado devido às suas baixas digestibilidade e taxa de degradação e conseqüente baixo consumo voluntário. Este fato está relacionado principalmente com a estrutura da parede celular que protege os nutrientes da digestão microbiana no rúmen (JUNG *et al.*, 1993).

Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcalis melhora a sua digestibilidade. Os fenômenos mais associados ao tratamento alcalino de volumosos são a solubilização parcial da hemicelulose, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose (BERGER *et al.*, 1994).

O hidróxido de sódio (NaOH) é uma das substâncias alcalinas mais utilizada com este propósito. Este álcali tem sido usado eficientemente na modificação da estrutura da parede celular, e conseqüentemente, melhorando a digestão e o consumo de palhadas por ruminantes (JACKSON, 1977; CHAUDHRY, 1997). O álcali dissolve a lignina, tornando os constituintes da parede celular mais susceptíveis à digestão microbiana (CHEEKE, 1999).

Apesar dos significantes benefícios da utilização do NaOH na melhora do valor nutritivo de alimentos ricos em carboidratos estruturais, sua aplicação é limitada por ser considerado nocivo para o homem, os animais e o meio ambiente. Portanto, é relevante o estudo de alternativas economicamente viáveis e ecologicamente corretas que possam substituir o NaOH na melhora do valor nutritivo de tais alimentos.

A cal microprocessada, encontrada nas formas de óxido de cálcio (CaO) e hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) surge como uma alternativa segura e de baixo custo ao hidróxido de sódio.

Outro fator a ser considerado é a necessidade do fornecimento da cana-de-açúcar mediante cortes diários. Neste contexto, a adição de produtos alcalinizantes permite seu uso *in natura* por um período maior de tempo, diminuindo assim, os custos com a contratação de mão de obra diária para cortes, despalhamento, desintegração e transporte. Com isso, muitos produtores têm optado pela utilização da cal microprocessada.

Embora um número cada vez maior de produtores estejam adotando o tratamento da cana-de-açúcar com a cal microprocessada, na forma de CaO ou Ca(OH)₂, inexistem dados na literatura a respeito da dose a ser utilizada e do tempo de reação necessário para um efeito significativo e, principalmente, sobre a qualidade e o valor nutritivo da cana-de-açúcar submetida a esses tratamentos.

Diante dos fatos supracitados, no desenvolvimento desta pesquisa objetivou-se avaliar a influência da aplicação de diferentes doses de hidróxido de cálcio (0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0%) sobre alguns parâmetros de qualidade nutricional da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Pólo Alta Paulista, sediado em Adamantina. A cana-de-açúcar utilizada foi a variedade IAC 86-2480 desenvolvida para fins forrageiros pelo Instituto Agronômico de Campinas - IAC. A cana-de-açúcar foi colhida por corte manual e desintegrada em ensiladora estacionária regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente dois centímetros de comprimento. Para cada parcela (4 repetições), foram pesados 50 kg de cana-de-açúcar triturada.

A cal microprocessada foi utilizada na forma de hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), cuja composição se encontra na Tabela 1. As soluções de Ca(OH)₂, utilizadas no tratamento da cana foram preparadas a 25% (100 mL de água para cada 25 g de Ca(OH)₂, conforme os níveis (0; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0%) estabelecidos no delineamento experimental. O tratamento foi realizado imediatamente após o corte da cana e o material tratado amostrado após 24 horas de armazenamento em local coberto e com piso de concreto. As médias das temperaturas máximas e mínimas, no período experimental, foram de 34,6 ± 2,9°C e 19,8 ± 1,9°C, respectivamente, e a média da umidade relativa, às 07h30min, foi de 79,9 ± 10,1%.

Tabela 1. Composição química da cal microprocessada (Ca(OH)₂)

Componente	Especificação	Concentração (%)
Óxido de magnésio	-	0,40
Óxido de alumínio	Máximo 1%	0,54
Sílica	Máximo 5%	3,40
Óxido de cálcio	Mínimo 50%	55,10
Óxido de cálcio disp.	-	50,10
Óxido de ferro	Máximo 1%	0,28

As análises de pH foram determinadas segundo metodologia proposta por BOLSEN *et al.* (1992). Para o pH foram coletadas amostras de 25 g do material, às quais foram adicionados 100 mL de água destilada. Após permanecerem em repouso por duas horas, fez-se a leitura do pH, com auxílio de potenciômetro.

A avaliação da estabilidade aeróbia foi realizada segundo metodologia adaptada de KUNG JR. *et al.* (2000). Foram tomadas temperaturas cinco vezes ao dia por meio de termômetros instalados no centro geométrico da massa de forragem de cada monte. Foi considerado como início da deterioração o momento no qual a temperatura de cada amostra atingiu 2°C acima da temperatura ambiente.

As amostras do material foram submetidas à pré-secagem a 55°C durante 72 horas e moagem em peneira de com crivos de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises de matéria seca (MS), compostos nitrogenados (N), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), conforme AOAC (1990). As análises de fibra insolúvel nos detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA) foram feitas em autoclave conforme PELL e SCHOFIELD (1993) e, lignina conforme SILVA e QUEIROZ (2002). Os teores dos compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foram determinados conforme LICITRA *et al.* (1996).

Os carboidratos totais (CHO) foram determinados conforme SNIFFEN *et al.* (1992), sendo as suas frações: carboidratos fibrosos (CF), considerados como sendo a FDN corrigida para o seu conteúdo em cinzas e proteínas (FDN_{cp}); carboidratos não-fibrosos (CNF) obtidos pela subtração da FDN_{cp} dos CHO; e a fração C, obtida pela FDN indigerível após 144 horas de incubação in situ. A fração B₂, ou seja, fração disponível da fibra, foi obtida pela diferença entre a FDN_{cp} e a fração C.

As taxas de digestão dos CNF e da fração B₂ dos CHO foram estimadas pela técnica de produção de gases, conforme PELL e SCHOFIELD (1993) com algumas adaptações. As incubações foram realizadas em frascos de vidro com capacidade de 50 mL, donde foram pesados aproximadamente 100 mg de substrato. Aos frascos foram adicionados 8 mL de tampão de McDougal (McDOUGAL, 1949) previamente reduzido com CO₂ (pH 6,9-7,0) e 2 mL de inóculo, proveniente de um bovino fistulado no rúmen, filtrado em camada dupla de gaze sob aspersão de CO₂. Imediatamente após, os frascos receberam tampa de borracha e lacre de alumínio e permanecendo em mesa de agitação orbital numa sala climatizada, mantida a 39°C. As leituras de pressão foram realizadas por meio de um sensor de pressão acoplado a um voltímetro, nos seguintes tempos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60 e 72 horas. As leituras realizadas em volts foram convertidas para mL de gás a partir do fator de conversão 8,7 (1 volt = 8,7 mL de gás) conforme PELL e

SCHOFIELD (1993). A cinética da produção cumulativa dos gases foi analisada empregando-se o modelo logístico bicompartimental (SCHOFIELD *et al.*, 1994):

$$V(t) = Vf_1 / (1 + \exp(2 \cdot 4 \cdot c_1 \cdot (T-L))) + Vf_2 / (1 + \exp(2 \cdot 4 \cdot c_2 \cdot (T-L)))$$

em que, $V(t)$ é o volume acumulado no tempo t ; Vf_1 , o volume de gás oriundo da fração de rápida digestão (CNF); c_1 (h^{-1}), a taxa de degradação da fração de rápida digestão (CNF); L , a latência; e T , o tempo (h); Vf_2 , o volume de gás da fração de lenta degradação (B_2); c_2 (h^{-1}), a taxa de degradação da fração B_2 .

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada pelo método de dois estágios conforme TILLEY e TERRY (1963) e, o NDT em nível de manutenção, estimado conforme NRC (2001), a partir das seguintes equações:

$$NDT = CNFD + PBD + FDND + AGD \cdot 2,25 - 7$$

em que, $CNFD = CNF \cdot 0,98$;

$$PBD = PB \cdot \exp(-1,2 \cdot (PDA/PB)) ;$$

$$FDND = 0,75 \cdot (FDNp - Lig) \cdot (1 - (Lig/FDNp))^{0,667}$$

$AGD = EE - 1$ e 7 , refere-se ao NDT metabólico fecal,

onde, $CNFD$, representa os carboidratos não-fibrosos verdadeiramente digestíveis; PBD , representa a PB verdadeiramente digestível; AGD , representa os ácidos graxos verdadeiramente digestíveis; $FDND$, representa a FDN digestível; Lig , representa a lignina, e, -7 , representa o NDT metabólico fecal.

As análises estatísticas foram conduzidas segundo o delineamento inteiramente casualizado, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{(0)j}$$

Em que:

μ = constante geral;

T_i = efeito relativo ao tratamento ou teor de espigas i , sendo $i = 1, 2, 3, 4$ e 5 ;

$E_{(0)j}$ = erro aleatório associado a cada observação, pressuposto NID (α^2).

As comparações entre médias foram realizadas por intermédio de análise de regressão linear, adotando-se $\alpha = 0,05$. A escolha de modelo se deu com base nos testes de significância para os coeficientes de regressão, no coeficiente de determinação e na ocorrência de falta de ajustamento. Os coeficientes de determinação (r^2/R^2) foram expressos como a razão entre a soma de quadrados da regressão e a soma de quadrados total.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, observa-se que os teores de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), hemicelulose (Hem), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos não fibrosos (CNF) apresentaram efeito quadrático, ao passo que os teores de matéria seca (MS) e de lignina obtiveram efeito linear ($P < 0,05$). Com o aumento das doses de hidróxido foi verificado aumento do teor de MS e redução dos teores de lignina.

Tabela 2. Teores médios e equações de regressão para a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), hemicelulose (Hem), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), carboidratos não-fibrosos (CNF) e lignina da cana-de-açúcar em função das doses de hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) (D) e respectivos coeficientes de determinação

Item	Ca(OH) ₂ (%)						ER	r ²
	0	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0		
MS (%)	28,8	28,9	29,4	30,7	31,2	33,4	$\hat{Y} = 28,91 + 1,15D$	0,97
PB ¹	2,7	2,5	2,7	2,6	2,3	2,0	$\hat{Y} = 2,65 + 0,07D - 0,04D^2$	0,89
MM ¹	3,5	3,9	5,3	7,2	10,5	16,0	$\hat{Y} = 3,67 - 0,51D + 0,58D^2$	0,99
Hem ¹	18,6	17,5	17,0	17,4	14,9	11,3	$\hat{Y} = 18,07 + 0,56D - 0,36D^2$	0,92
FDN ¹	48,3	44,9	45,5	46,4	43,7	36,4	$\hat{Y} = 46,64 + 1,18D - 0,59D^2$	0,80
CNF ¹	45,2	48,3	46,1	43,5	43,3	44,6	$\hat{Y} = 46,68 - 0,80D + 0,07D^2$	0,58
Lignina ¹	4,5	3,8	4,1	4,0	3,7	2,9	$\hat{Y} = 4,38 - 0,226D$	0,68

¹% na MS

OLIVEIRA *et al.* (2007), também observaram aumento nos teores de MS da cana-de-açúcar com doses de cal superiores a 1%. MOTA *et al.* (2008), não encontraram diferença nos valores de matéria seca com a adição de cal, no entanto, estes autores avaliaram doses de apenas 0,5% de cal. Um dos fatores que explica o aumento do teor de MS é a própria adição de níveis crescentes da cal que possui elevado teor de MS.

Os teores de FDN encontrados neste ensaio se encontram no extremo inferior dos valores observados por AZEVEDO *et al.* (2003) de 43,7 a 53,8% onde foram avaliadas 15 variedades de cana-de-açúcar e bem inferiores ao valor médio de $55,9 \pm 8,2\%$ em uma compilação de 39 trabalhos publicados no Brasil (VALADARES FILHO *et al.*, 2002). Os teores de lignina observados no presente trabalho variaram de 4,5 a 2,9% da MS. Estes valores são bem inferiores aos valores encontrados na literatura para cana-de-açúcar (AZEVEDO *et al.*, 2003; FERNANDES *et al.*, 2003a; VALADARES FILHO *et al.*, 2002). O baixo teor de lignina da cana não tratada é uma das características da variedade IAC 86-2480. Ainda sim, o aumento dos teores de hidróxido foi capaz de dissolver parte da lignina, como descrito por CHEEKE (1999).

Considerando a relação inversa entre o consumo e o teor de FDN, quando o consumo é limitado pela repleção ruminal (MERTENS, 1994), e como a adição de níveis crescentes de cal levou à redução dos teores de FDN da cana-de-açúcar, pode-se inferir que a adição de níveis crescentes de cal proporcionaria consumos mais elevados. O cálcio não é reconhecido como um elemento tóxico, tendo em vista seu mecanismo homeostático assegurar que o excesso de cálcio da dieta seja extensivamente excretado nas fezes. No entanto, as consequências adversas de se fornecer excesso de cálcio são normalmente indiretas e provem do antagonismo na absorção de outros elementos, notadamente fósforo e zinco (UNDERWOOD e SUTTLE, 1999).

A lignina e outros compostos fenólicos são comumente identificados como os constituintes da parede celular que mais limitam a digestibilidade dos alimentos (VAN SOEST, 1994). Na Figura 1 observa-se que houve aumento quadrático ($r^2 = 0,82$) da DIVMS com a redução dos teores de FDN, mostrando que existe relação direta entre os componentes da parede celular e a DIVMS da cana-de-açúcar.

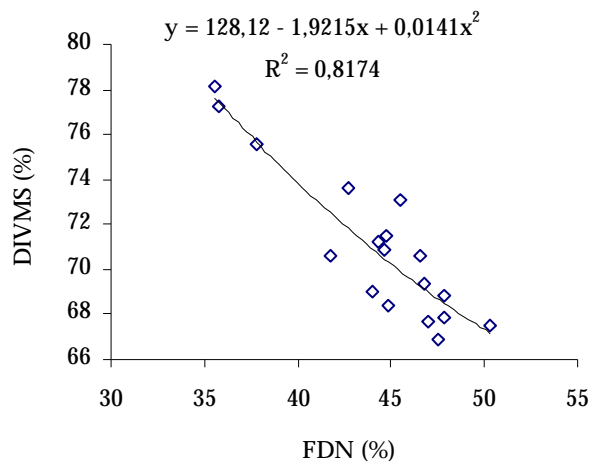


Figura 1. Estimativa da digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) em função dos teores de fibra em detergente neutro (FDN)

Na Tabela 3 são apresentadas as taxas de digestão da fração B₂ e dos carboidratos não-fibrosos (CNF), bem como o volume total de gás, a DIVMS e o NDT estimado. As taxas de digestão dos CNF e da fração B₂, e o volume total de gás não foram afetados pela adição de hidróxido de cálcio. A taxa de digestão média dos CNF e da fração B₂ estimada para a cana-de-açúcar foi de 0,143 h⁻¹ e 0,0229 h⁻¹, respectivamente. Os valores de digestão dos CNF são inferiores aos encontrados na literatura (PEREIRA *et al.*, 2000; FERNANDES *et al.*, 2003b), onde são observados valores em torno de 0,184 h⁻¹, no entanto os valores das taxas de digestão da fração B₂ são semelhantes. Não se pode concluir que as taxas de degradação da fração dos CNF são inerentes à variedade de cana-de-açúcar testada, ou resultado de inibição da degradação pelo elevado teor de cálcio no material incubado, em decorrência do aumento dos níveis de cal.

Para o caso da produção cumulativa de gás em particular, o volume final de gás pode ser influenciado pelas diferentes rotas fermentativas e pela estequiometria das reações exercidas pelos microrganismos do rúmen em função da variação nos carboidratos do meio (BEUVINK e SPOELSTRA, 1992). Seria esperado aumento da produção de gás em função do aumento quadrático na DIVMS da cana-de-açúcar, conforme observado para outros alimentos. No entanto, não foi observada alteração significativa no volume final de gás.

Considerando que as principais alterações na cana-de-açúcar com o aumento dos níveis de cal fo-

Tabela 3. Valores médios e equações de regressão para as taxas de digestão (h^{-1}) da fração B_2 e carboidratos não-fibrosos (CNF), volume final de gás (VT) em mL, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) para a cana-de-açúcar em função da porcentagem de hidróxido de cálcio e respectivos coeficientes de determinação

Itens	Ca(OH) ₂ (%)						ER	r ²
	0	0,25	0,50	1,0	2,0	4,0		
CNF	0,145	0,132	0,137	0,141	0,146	0,158	$\hat{Y} = 0,143$	-
B ₂	0,0237	0,0205	0,0255	0,0206	0,0216	0,0258	$\hat{Y} = 0,0229$	-
VT	180,03	191,65	181,21	192,18	190,12	194,76	$\hat{Y} = 188,33$	-
DIVMS	67,4	70,5	71,2	68,9	71,0	76,9	$\hat{Y} = 68,77 - 0,37D + 0,34D^2$	0,68
NDT ¹	67,07	69,43	71,74	74,17	76,79	80,92	$\hat{Y} = 67,87 + 0,13 D$	0,96

¹Estimado com base nas equações do NRC (2001)

ram a redução dos teores de FDN e lignina, já era esperado o aumento dos valores de DIVMS e da estimativa dos valores de NDT.

Com base nos dados de DIVMS e nas taxas de degradação das frações da fibra da cana-de-açúcar pode-se inferir que a estimativa do NDT a partir da composição química (NRC, 2001) superestima a disponibilidade de energia da cana-de-açúcar com baixos teores de FDN, pois estas equações não prevêm os efeitos da hidrólise provocada por substâncias alcalinas, tais como o hidróxido de cálcio.

A adição de níveis crescentes de hidróxido de cálcio elevou, significativamente ($P < 0,05$), o pH da cana-de-açúcar (Tabela 4). O decréscimo do pH é uma das formas de se monitorar a ocorrência de fermentação, devido à liberação de ácidos orgânicos como subprodutos do processo de fermentação. Somente o tratamento com 4% do hidróxido de cálcio foi capaz de manter pH inalterado ($P > 0,05$) após as 24 horas de armazenamento. OLIVEIRA *et al.* (2008), encontraram valores médios semelhantes de pH (5,37, 11,67 e 11,63) avaliando as doses de 0, 0,5 e 0,6% de hidróxido de cálcio na cana-de-açúcar.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre os níveis de hidróxido de cálcio e os tempos de amostragem da cana-de-açúcar para os valores de pH

Tempo (horas)	Nível de hidróxido de cálcio (%)					
	0	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0
0	5,7aE	8,82aD	10,59aC	11,96aB	12,2aAB	12,39aA
24	3,66bF	4,96bE	6,3bD	7,03bC	9,85bB	12,09aA

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

Na Figura 2 encontram-se os valores de temperatura médios dos materiais submetidos aos diferentes tratamentos. Observa-se que os montes tratados com as doses de 2 e 4% de hidróxido de cálcio atingiram temperaturas mais baixas em relação aos outros tratamentos ($P < 0,05$), com valores médios de 34,6 e 32°C, respectivamente.

Os acréscimos na temperatura dos tratamentos de 0 a 1% de hidróxido de cálcio foram da ordem de 0,8°C/h, valores bem superiores ao observado por Domingues *et al.* (2006), de 0,53°C/h, após adição de 1% de óxido de cálcio. Valores semelhantes (0,49°C/h) foram observados na dose de 2% de hidróxido de cálcio e inferiores (0,38°C/h) na dose de 4%. Estas

diferenças podem ser explicadas pelo maior poder alcalino do óxido de cálcio em relação ao hidróxido, que está relacionado com o CaO disponível das cales. A média dos valores de CaO disponível do óxido de cálcio é de 87% enquanto do hidróxido é de 50%.

De acordo com MORAES *et al.* (2008a), a alta temperatura da cana-de-açúcar tratada, em comparação com a cana in natura, pode levar a um prejuízo no consumo de nutrientes pelo decréscimo do consumo de matéria seca do alimento. Além disso, o pH demasiadamente alcalino da cana-de-açúcar tratada com doses superiores a 1%, prejudica a aceitabilidade, limitando o consumo do volumoso tratado (MORAES *et al.*, 2008b).

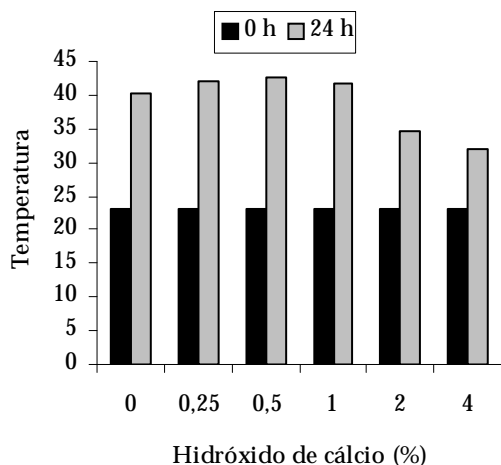


Figura 2. Médias das temperaturas dos montes de cana-de-açúcar submetidas as diferentes doses de hidróxido de cálcio

CONCLUSÕES

O acréscimo dos níveis de hidróxido de cálcio resultou em aumento dos teores de matéria seca da cana-de-açúcar hidrolisada.

O tratamento alcalino não alterou a produção final de gás. A estimativa do NDT a partir das equações do NRC (2001) não foi adequada para estimar o valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed., Arlington, 1990. 1117p.

AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; CARNEIRO, P.C.S.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FERNANDES, A.M.; RENNÓ, F.P. Composição químico-bromatológica, fracionamento de carboidratos e cinética da degradação *in vitro* da fibra de três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1443-1453, 2003.

BEUVINK, J.M.W.; SPOELSTRA, S.F. Interactions between substrate, fermentation end-products, buffering systems and gas production upon fermentation of different

carbohydrates by mixed rumen microorganisms *in vitro*. **Applied Microbiology and Technology**, v.37, n.4, p.505-509, 1992.

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. Efeito das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbica e dinâmica de microrganismos da cana-de-açúcar *in natura*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais**. João Pessoa: SBZ, 2006. (CD ROM)

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de cana-de-açúcar (*Saccharum spp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.977-985, 2003a.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Fracionamento e cinética da degradação *in vitro* dos Carboidratos Constituintes da cana-de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1778-1785, 2003b (Supl. 1).

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

McDOUGAL, E.I. Studies on ruminal saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. **Biochemical Journal**, v.43, n.1, p.99-109, 1949.

MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; PEREIRA, O.G.; SOLÉRO, B.P. Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio fornecida com diferentes níveis de concentrado para novilhas de corte em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1293-1300, 2008a.

MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; DETMANN, E.; NALON, P.M. Parâmetros nutricionais de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1301-1310, 2008b.

MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N.; MANZI, G.M.; FERREIRA, D.S.; SANTOS, J.; URBINATI, I.

Digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar *in natura* (*Saccharum officinarum* L.) submetida ou não a hidrólise com diferentes tipos de cales. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais**.Lavras:SBZ, 2008. (CD ROM)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

OLIVEIRA, M.D.S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F.N.; LOPES, A.D.; SILVA, T.M.; MOTA, D.A. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v.14, n.1, p.9-17, 2008.

OLIVEIRA, M.D.S.; MOTA, D.A.; DOMINGUES, F.N.; LOPES, A.D.; SANTOS, J. Efeito da hidrólise com cal virgem (óxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal:SBZ, 2007. (CD ROM).

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.

PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MIRANDA, L.F.; FERNANDES, A.M.; CABRAL, L.S. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana-de-açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.

SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Animal Science**, v.72, n.11, p.2980-2991, 1994.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **Minerals in animal nutrition**. 3rd ed. UK: CAB international, 1999. 614p.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA Jr., V.R.C; CAPPELE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Ithaca, Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.