

Degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio

Dry matter and fiber fraction degradability of sugar cane treated with calcium oxide or sodium hydroxide

RIBEIRO, Leandro Sampaio Oliveira^{1*}; PIRES, Aureliano José Viera²; CARVALHO, Gleidson Giordano Pinto de³; CHAGAS, Daiane Maria Trindade⁴

¹Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil.

²Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Tecnologia Rural e Animal, Itapetinga, Bahia, Brasil.

³Universidade Federal da Bahia, Departamento de Produção Animal, Salvador, Bahia, Brasil.

⁴Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, Brasil.

*Endereço para correspondência: leosampaio-zoo@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca (MS) e dos constituintes da parede celular da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio (NaOH) ou óxido de cálcio (CaO) pela técnica *in situ*. Foram utilizados três novilhos mestiços, canulados no rúmen, nos quais foram incubados sacos de náilon contendo cana-de-açúcar tratada com NaOH ou CaO, conforme os tratamentos: Cana-de-açúcar *in natura*; Cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH; Cana-de-açúcar tratada com 2,25% de CaO. As doses de NaOH e CaO foram aplicadas com base na matéria natural (peso/peso) da cana-de-açúcar e correspondeu a 8,5% com base na MS, com homogeneização constante dentro dos baldes de polietileno. Verificou-se maior degradabilidade potencial e efetiva para todos os componentes da parede celular da cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH, em comparação ao tratamento *in natura* e com 2,25% de CaO. Para degradabilidade da matéria seca e da fração fibrosa da cana-de-açúcar, observaram-se maiores taxas de degradação no tratamento com 2,25% de NaOH, em todos os tempos, seguido do tratamento com 2,25% de CaO e do *in natura*. O tratamento químico da cana-de-açúcar, com 2,25% de NaOH, promove maior degradabilidade potencial e efetiva da matéria seca e da fração fibrosa, sugerindo a possibilidade de um melhor aproveitamento dos nutrientes.

Palavra chave: aditivo, forragem, *Saccharum officinarum*, tratamento químico

SUMMARY

The objective was to evaluate the parameters of ruminal degradation of dry matter (DM) and the constituents of the cell wall of sugar cane treated with sodium hydroxide (NaOH) or calcium oxide (CaO) by *in situ* technique. Three crossbred steers were used, with rumen cannulas, which were incubated in nylon bags containing sugar cane treated with NaOH or CaO, in treatments: Sugar cane *in natura*; Sugar cane treated with 2.25% NaOH; Sugar cane treated with 2.25% of CaO. The doses of NaOH and CaO were applied based on natural material (weight/weight) of sugar cane and corresponded to 8.5% based on DM, with constant homogenization within the polyethylene buckets. A great and effective potential degradability was observed for all components of the cell wall of sugar cane treated with 2.25% NaOH, compared to *in natura* treatment, with 2.25% of CaO. To degradability of dry matter and fiber fraction of sugar cane, we observed higher rates of degradation in the treatment with 2.25% NaOH, at all periods, followed by treatment with 2.25% of CaO and *in natura*. Therefore, the chemical treatment of sugar cane with 2.25% NaOH promotes more effective and potent degradability of dry matter and fiber fraction, suggesting the possibility of a better utilization of nutrients.

Keywords: addictive, forage, *Saccharum officinarum*, chemical treatment

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar caracteriza-se por ser uma forrageira com elevada capacidade de produção de matéria seca e carboidratos de rápida degradabilidade ruminal. No entanto, o consumo da cana-de-açúcar é normalmente inferior ao de outras gramíneas que possuem o mesmo teor de FDN, devido aos seus constituintes fibrosos aglutinados em um arranjo incrustado pela lignina (RODRIGUES et al., 1993). Desta forma, o tratamento químico de volumosos com baixa degradabilidade tem sido destacado por vários autores (CÂNDIDO et al., 1999; REIS et al., 2001; SANTOS et al., 2004) como uma alternativa viável para melhorar o valor nutritivo volumosos, por promover a ruptura das complexas ligações químicas da lignina com a celulose e a hemicelulose, o que permite que sejam mais facilmente degradadas pelas bactérias ruminais.

Para a caracterização da degradabilidade ruminal dos nutrientes dos alimentos, o AFRC (1995) adotou a técnica de degradação *in situ* como um método padrão, que produz resultados compatíveis àqueles obtidos pela técnica *in vivo*. Diante disso, a degradabilidade *in situ* de alimentos tem sido usada para obtenção de informações quantitativas sobre a taxa e extensão da degradação ruminal de nutrientes (HUNTINGTON & GIVENS, 1995).

Segundo Fernandes et al. (2001), a cana-de-açúcar apresenta elevada fração “a” (açúcares solúveis), o que promove rápido crescimento microbiano no rúmen. Porém, a baixa taxa de degradação ruminal da fração potencialmente degradável “b” pode reduzir a ingestão de MS e a disponibilidade de energia, o que limita o desempenho produtivo dos animais.

Dessa forma, uma possível estratégia para utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal seria tratar o material com aditivos alcalinos (NaOH ou CaO), associado a um tamanho de partícula reduzido, aumentando a taxa de passagem da fibra pelo rúmen sem prejudicar a utilização da sacarose.

Objetivou-se nesta pesquisa avaliar os parâmetros de degradação ruminal da matéria seca e dos componentes da parede celular da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio pela técnica *in situ*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Campus Juvino Oliveira, no município de Itapetinga, BA.

A cana-de-açúcar utilizada no estudo apresentava 13 meses de idade e foi proveniente do campo agrostológico da própria Instituição. Efetuou-se a retirada do excesso das folhas secas, a qual foi colhidas manualmente e desintegradas em ensiladeira estacionária regulada para cortar a forragem em partículas de aproximadamente 2 cm de comprimento. O material foi homogeneizado, sendo 2,0 kg de cana-de-açúcar fresca acondicionada em baldes de polietileno com capacidade de 10 litros para o tratamento com hidróxido de sódio (NaOH) ou óxido de cálcio (CaO).

As doses de NaOH e CaO foram aplicadas com base na matéria natural (peso/peso) da cana-de-açúcar e correspondeu a 8,5%, com base na MS, com homogeneização constante dentro dos baldes de polietileno. Após a homogeneização, o material permaneceu armazenado nos baldes abertos, em local

coberto, por um período 24 horas. As amostras foram coletadas conforme os tratamentos: T₁ – cana-de-açúcar *in natura*; T₂ – cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH; T₃ – cana-de-açúcar tratada com 2,25% de CaO. Em seguida, foram devidamente identificadas, empacotadas em sacos plásticos e armazenadas em *freezer*, para posteriores análises laboratoriais. Pode ser verificada (Tabela 1) a composição da cana-de-

açúcar *in natura*, tratada com 2,25% de NaOH ou CaO no momento do tratamento.

Para o ensaio de degradabilidade, foram utilizados três novilhos mestiços Holandês x Indubrasil, castrados, identificados e fistulados no rúmen, mantidos em regime extensivo em pasto de capim-Branquiária (*Brachiaria decumben*).

Tabela 1. Composição química – bromatologica utilizada no experimento

Componente	Cana-de-açúcar		
	<i>in natura</i>	tratada com 2,25% de CaO	tratada com 2,25% de NaOH
Matéria seca	26,5	29,7	28,7
Proteína bruta ¹	2,2	1,9	1,5
Fibra em detergente neutro ¹	58,1	47,9	46,4
Fibra em detergente ácido ¹	40,6	33,6	34,3
Hemicelulose ¹	17,5	14,4	12,0
Celulose ¹	34,5	29,0	30,2
Lignina ¹	6,1	1,3	0,9
Materia mineral ¹	4,1	13,3	11,6
Grau brix	21,0	19,0	20,0

¹Percentagem da MS

As amostras da cana-de-açúcar foram previamente secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas. Logo após foram moídas em peneiras com crivos de 5 milímetros e acondicionadas em sacos de náilon, com malhas de 50 micras, na quantidade aproximada de 2,5 g de MS/saco, a fim de se manter uma relação próxima de 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco.

Os sacos de náilon contendo as amostras foram fechados com goma de borracha e fixados em diferentes pontos de uma corrente de metal de 50 cm de comprimento presa à tampa da cânula por uma das extremidades, permitindo

que os mesmos se alojassem na porção ventral do rúmen.

Os períodos de incubação corresponderam aos tempos de 0, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, os sacos foram incubadas na ordem inversa dos tempos, para serem retirados, todos, ao final do período, para promover, dessa forma, uma lavagem uniforme do material por ocasião da retirada do rúmen.

Após o período de incubação total de 96 horas, os sacos de náilon foram lavados manualmente em água corrente até que se apresentasse limpa, para proceder-se, então, à secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C, por 72 horas. Obtida a matéria seca (MS) das amostras, as mesmas foram utilizadas

para a estimação da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose e celulose, segundo a metodologia de Silva & Queiroz (2002).

Os dados de degradabilidade *in situ* da MS, da FDN, da FDA, da hemicelulose e da celulose foram obtidos pela relação da diferença de peso encontrada para cada componente, entre as pesagens efetuadas antes e após a incubação ruminal, e expressos em porcentagem.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos com parcelas subdivididas, no qual os três animais representaram os blocos; os tipos de cana-de-açúcar, os tratamentos e os seis horários de incubação dos alimentos no rúmen, as subparcelas.

Com o auxílio do SAEG – Sistema para Análises Estatísticas (RIBEIRO JÚNIOR, 2001), foram calculadas as taxas de degradação da MS, FDN, FDA, celulose e hemicelulose, conforme a equação proposta por Orskov & McDonald (1979): $D_t = a + b \times (1 - e^{-ct})$, em que: D_t = fração degradada no tempo t (%); “ a ” = fração solúvel (%); “ b ” = fração insolúvel potencialmente degradável (%); “ c ” = taxa de degradação da fração b (h^{-1}); t = tempo (horas).

Os coeficientes não-lineares “ a ”, “ b ” e “ c ” foram estimados por meio de procedimentos iterativos de Gauss-Newton. A degradabilidade efetiva (DE) da MS e dos constituintes da parede celular no rúmen foi calculada por meio do modelo:

$$DE = a + (b \times c / c + k),$$

Em que: k corresponde à taxa estimada de passagem das partículas no rúmen. Levando-se em consideração as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/horas, valores correspondentes a animais em fase de manutenção, ganho de peso ou de produção de leite, respectivamente.

RESULTADO E DISCUSSÃO

Observou-se que para matéria seca (MS) da cana-de-açúcar tratada com 2,25% de CaO ou NaOH a fração solúvel “ a ” apresenta maiores valores, respectivamente de 47,5 e 54,4%, em comparação à cana-de-açúcar *in natura* (38,5%). Da mesma maneira, a fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável “ b ”, apresentou maiores valores para os tratamentos com 2,25% de CaO ou NaOH, respectivamente, de 30,5 e 33,9%. A taxa de degradação constante da fração “ b ” apresentou valores de 3,6; 3,8 e 4,2%/hora para os tratamentos *in natura*, 2,25% de CaO ou NaOH (Tabela 2).

Foi observado que os tratamentos CaO e NaOH influenciaram na degradabilidade potencial da MS. Para os tratamentos *in natura*, tratados com 2,25% de CaO ou NaOH, verificaram-se valores, respectivamente de 61,7; 78,0 e 88,4%, observaram incremento de 26,4%, para o tratamento com CaO, e de 43,3%, para o tratamento com NaOH, quando esses foram comparadas com o tratamento *in natura* (Tabela 2).

A DE foi estimada mediante as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora. Observa-se (Tabela 2) que a DE da MS da cana-de-açúcar tratada com CaO ou NaOH, independente da taxa de passagem, apresentou maiores valores em comparação à da cana-de-açúcar *in natura*. Dentre os tratamentos, a cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH apresentou maiores valores para a DE, iguais a 77,5; 70,0 e 66,2%, para as taxas de passagens 2, 5 e 8%/hora, respectivamente.

Tabela 2. Parâmetro de degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com óxido de cálcio(CaO) e hidróxido de sódio (NaOH)

Parâmetros	Cana-de-açúcar <i>in-natura</i>	Cana-de-açúcar + 2,25% CaO	Cana-de-açúcar + 2,25% NaOH
Matéria seca			
a (%)	38,5	47,5	54,5
b (%)	23,2	30,5	33,9
C (%/hora)	3,6	3,8	4,2
DP (%)	61,7	78,0	88,4
DE (%); kp = 2%/hora	53,4	67,5	77,5
DE (%); kp = 5%/hora	48,2	60,7	70,0
DE (%); kp = 8%/hora	45,7	57,3	66,2
Fibra em detergente neutro			
a (%)	1,4	1,6	0,9
b (%)	38,4	57,8	75,2
c (%/hora)	3,7	3,9	4,3
DP (%)	39,8	59,4	76,1
DE (%); kp = 2%/hora	26,3	39,8	52,5
DE (%); kp = 5%/hora	17,7	26,9	35,7
DE (%); kp = 8%/hora	13,5	20,5	27,2
Fibra em detergente ácido			
a (%)	0,1	0,2	1,0
b (%)	38,9	59,0	73,1
c (%/hora)	2,9	3,1	3,9
DP (%)	39,0	59,2	74,1
DE (%); kp = 2%/hora	23,1	36,1	49,3
DE (%); kp = 5%/hora	14,4	22,8	33,0
DE (%); kp = 8%/hora	10,4	16,7	25,0
Hemicelulose			
a (%)	2,4	3,0	1,8
b (%)	46,1	63,1	84,2
c (%/hora)	8,7	1,0	6,6
DP (%)	48,5	66,1	86,0
DE (%); kp = 2%/hora	39,9	55,6	66,4
DE (%); kp = 5%/hora	31,7	45,1	49,7
DE (%); kp = 8%/hora	26,4	38,1	39,9
Celulose			
a (%)	1,8	2,9	1,7
b (%)	41,0	58,7	77,9
c (%/hora)	5,1	5,4	5,2
DP (%)	42,8	61,6	79,6
DE (%); kp = 2%/hora	31,3	45,7	58,0
DE (%); kp = 5%/hora	22,5	33,4	41,4
DE (%); kp = 8%/hora	17,8	26,6	32,4

Fração rapidamente solúvel (a), fração insolúvel em água, mas potencialmente degradável (b), taxa de degradação constante da fração "b" por hora (%/h) (c), degradabilidade efetiva (DE) e degradabilidade potencial (DP).

Pires et al. (2006), ao avaliarem a degradabilidade ruminal da MS da fração fibrosa e da PB de forrageiras, inferiram que a mensuração da degradabilidade no rúmen, sem considerar a taxa de passagem, pode superestimar a extensão da degradação, pois as partículas dos alimentos estão sujeitas à passagem para o compartimento seguinte, antes de serem completamente degradadas.

Os maiores valores observados para a fração “a” da MS, independente do tratamento analisado, estão relacionados com os altos teores de açúcares solúveis (brix) presentes na cana-de-açúcar (Tabela 1). Além disso, quando a cana-de-açúcar é tratada com o NaOH ou CaO, ocorre, provavelmente, uma solubilização parcial dos carboidratos fibrosos, potencializando a degradação da MS, pois observou-se que a cana-de-açúcar hidrolisada tem seus constituintes da parede celular, principalmente a lignina, reduzidos.

Valores semelhantes aos resultados encontrados no presente trabalho para a fração “a” da MS foram relatados por Pinto et al. (2007), ao avaliarem a degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio (0, 2, 4 e 6% com base na MS). Os autores observaram que as frações solúveis da MS variaram de 37,41% (cana *in natura*) a 40,65% (cana com 6% de NaOH), por demonstrar grande concentração de açúcar solúvel no conteúdo celular, prontamente disponível para a fermentação microbiana. No entanto, os valores para a DP foram influenciados positivamente pela adição do NaOH, com valores de 54,73; 55,31; 57,23 e 62,01% para os tratamentos cana de açúcar *in natura*, tratada com 2, 4 ou 6% de NaOH, respectivamente. Da mesma forma, a DE (5%/hora) apresentou a mesma tendência que a DP e, para os mesmos tratamentos, os valores observados foram 44,06; 43,67; 44,17 e

49,39%, demonstrando a potencialidade do NaOH em melhorar a degradação da MS da cana-de-açúcar.

Trabalhos na literatura vêm demonstrando que o tratamento químico ou físico da cana-de-açúcar e seus resíduos (SCHMIDT et al., 2007) melhoram os parâmetros ruminiais de degradação. Pires et al. (2004), avaliando a degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratada com amônia anidra ou sulfeto de sódio (com base na MS), concluíram que a utilização de 4% de amônia anidra no tratamento do bagaço promoveu melhorias na degradabilidade da MS, enquanto que o sulfeto de sódio (2,5%) não foi eficiente em melhorar a degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar.

Neste trabalho, verificou-se que os aditivos CaO e NaOH influenciam positivamente a degradabilidade dos constituintes da parede celular da cana-de-açúcar (Tabela 2). As DP da FDN e da FDA apresentaram valores distintos entre os tratamentos estudados, sendo observado que os tratamentos *in natura*, com 2,25% de CaO ou NaOH, apresentaram valores de 39,8; 59,4 e 76,1%, respectivamente, para a DP da FDN e 39,0; 59,2 e 74,1%, respectivamente, para a DP da FDA.

Considerando que a DP é obtida pela soma da fração “a” e “b”, teoricamente a fração “a” da FDN e FDA deveria ser próxima a zero, por ser rapidamente solúvel no rúmen no tempo zero de incubação. Contudo, os valores médios observados para a fração “a” da FDN para os tratamentos *in natura*, com 2,25% de CaO ou NaOH, foram respectivamente de 1,4; 1,6 e 0,9% e, para fração “a” para a FDA, foram de 0,1; 0,2 e 1,0%, respectivamente. Esses valores observados podem ser atribuídos à perda de partículas durante a lavagem dos saquinhos de incubação, sendo essas

partículas contabilizadas na estimativa dessa fração.

O mesmo foi observado por Schmidt et al (2007), que trabalharam com aditivos químicos (0,5% de uréia ou 0,1% de benzoato) ou biológicos (1×10^6 ufc/g de MV lactobacilos plantarum ou $3,6 \times 10^5$ ufc/g de MV), na ensilagem de cana-de-açúcar, em que encontraram valores médios para a fração “a” da FDN e FDA, respectivamente, de 8,45 e 6,75%. Balsalobre (2003) e Loures et al (2005) a variação da fração “a” para as variáveis FDN e FDA.

A DP da FDN e FDA são influenciadas, em sua maioria, pela proporção da fração “b”, em que se observaram maiores valores entre os tratamentos estudados (Tabela 2), sendo que os tratamentos *in natura*, com 2,25% de CaO e NaOH, foram, respectivamente, de 38,4; 57,8 e 75,2%, para a fração “b” da FDN, e 38,9; 59,0 e 73,1%, da FDA. Os resultados verificados para a cana-de-açúcar tratada com CaO ou NaOH podem ser atribuídos à ação degradadora dos álcalis sobre as ligações ésteres entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular.

Quanto aos parâmetros referentes à DE, considerando-se as taxas de passagem 2, 5 e 8%/hora (Tabela 2) das variáveis FDN e FDA, observou-se que o tratamento cana-de-açúcar com 2,25% de NaOH apresentou valores elevados quando comparado com a *in natura* ou com 2,25% de CaO. Assim, os valores da DE para a FDN foram, respectivamente, de 52,2; 35,7 e 27,2%, considerando-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8%/hora, e, para a FDA, os valores encontrados foram de 49,3; 33,0 e 25,0%/hora.

A fração efetivamente degradada é potencializada em função do alimento e do meio (ambiente ruminal). Como os alimentos incubados apresentaram a mesma condição, fica implícito a melhor ação e a maior capacidade do NaOH em reduzir os constituintes da parede celular,

tornando a fibra mais disponível à ação das bactérias ruminais, ocasionando maior degradabilidade da cana-de-açúcar hidrolisada. Esses resultados reafirmam a eficiência de utilização dos aditivos alcalinos para o tratamento de volumosos com altos teores de fibra, visando melhorar a degradação e consequente disponibilidade dos nutrientes, o que já foi comprovado em trabalhos conduzidos por Carvalho et al. (2006) e Pires et al. (2006), utilizando eficientemente os aditivos químicos no tratamento de volumosos.

Para a degradabilidade da hemicelulose e celulose (Tabela 2), foi observado efeito semelhante ao da degradabilidade da FDN e FDA (Tabela 2), demonstrando o efeito preponderante desses álcalis sobre os constituintes da porção fibrosa dos volumosos. Analisando-se os parâmetros de degradação da hemicelulose e celulose da cana-de-açúcar tratada ou não, observou-se que a DP da hemicelulose da cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH ou CaO apresentaram melhores índices que a cana-de-açúcar *in natura*, sendo os valores, respectivamente, de 86,0 e 66,1% para a DP da hemicelulose e de 79,6 e 616%, respectivamente, para a DP da celulose, enquanto que a cana-de-açúcar *in natura* apresentou uma DP de 48,5%, para hemicelulose, e de 42,8%, para a celulose. O tratamento da cana-de-açúcar com 2,25% de NaOH promoveu um incremento na DP da hemicelulose de 77,3%, enquanto o tratamento com CaO promoveu um incremento de apenas 36,3%.

Contrastando os teores de hemicelulose e celulose na composição química da cana-de-açúcar não tratada, de 17,5 e 34,5%, respectivamente (Tabela 1), com as respectivas degradabilidades potenciais da cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH ou CaO, pode-se verificar a eficiência desses aditivos na melhora da

degradabilidade de volumosos com alto teor de fibra.

A DE da hemicelulose nas taxas de passagem 2, 5 e 8%/hora apresentaram-se elevadas para a cana-de-açúcar tratada com 2,25% de CaO ou NaOH, com valores, respectivamente, de 55,6; 45,1 e 38,1% para CaO, e 66,4; 49,7 e 39,9% para NaOH. A DE da celulose seguiu a mesma tendência observada, e a cana-de-açúcar tratada se destacou quando comparada com a *in natura*, apresentando valores, respectivamente, de 31,3; 22,5; 17,8%; 45,7; 33,4; 26,6% e 58,0; 41,4; 32,4%, para a cana *in natura*, tratada com 2,25% de CaO e 2,25% de NaOH.

Os resultados encontrados no presente trabalho, para a DP e DE dos constituintes da parede celular demonstram que o NaOH foi mais eficiente em melhorar a degradabilidade da cana-de-açúcar, quando comparado com o CaO, o que pode ser atribuído ao poder de reação do

NaOH ser mais intenso em relação ao CaO, após período de 24 horas de tratamento, reduzindo-se as ligações ésteres e glicosídicas da hemicelulose, com alterações nas concentrações de lignina (Tabela 1), tornando a fibra mais acessível ao ataque microbiano. Contudo, o CaO também foi eficiente em melhorar a degradabilidade da cana-de-açúcar tratada, porém tudo leva a crer que a reação hidrolítica do CaO é mais lenta, sugerindo maior tempo de tratamento para que ocorra a reação ou uma menor eficiência hidrolítica do aditivo CaO.

Ao se comparar a degradabilidade da MS da cana-de-açúcar *in natura* e tratada com NaOH ou CaO em função dos períodos de incubação, observou-se predominância do tratamento cana-de-açúcar hidrolisada com 2,25% de NaOH, em todos os tempos, seguidos da cana-de-açúcar tratada com 2,25% de CaO e da cana-de-açúcar *in natura* (Figura 1).

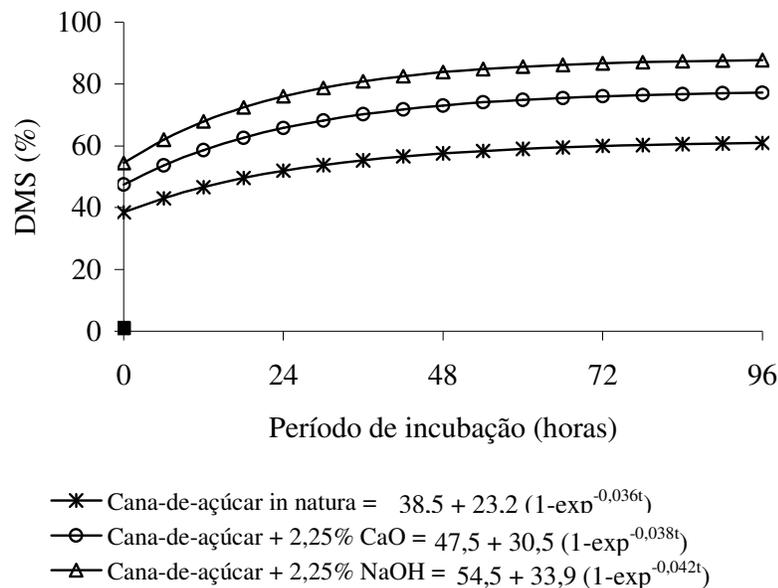


Figura 1. Curva da degradação potencial da matéria seca (DMS) da cana-de-açúcar *in natura* ou tratada com 2,25% de hidróxido de sódio (NaOH) ou óxido de cálcio (CaO)

A maior degradação da MS observada para a cana-de-açúcar hidrolisada com 2,25% de NaOH no tempo zero ocorreu, provavelmente, devido à maior ação hidrolítica do NaOH sobre a cana-de-açúcar, proporcionando maior disponibilidade de compostos solúveis em relação aos demais tratamentos. A partir do período de incubação de 48 horas, houve tendência da degradabilidade da MS de todos os tratamentos a se manter constante. A diferença na degradabilidade final da MS no tempo de 96 horas foi influenciada pela ação dos aditivos químicos (NaOH e CaO) na redução dos componentes da parede celular, deixando-a suscetível à degradação pelos microrganismos ruminais, pois os teores de fibra em detergente neutro (FDN) variaram, sendo encontrados valores de 58,1, 47,9 e 46,4%, respectivamente, para a cana-de-açúcar *in natura*, tratada com 2,25% de CaO ou NaOH (Tabela 1).

Na fração da FDN, o tratamento cana-de-açúcar hidrolisada com 2,25% de NaOH apresentou maior taxa de degradação. Observou-se que, a partir das 48 horas de incubação, a taxa de desaparecimento ruminal da FDN tendeu a estabilizar para todos os tratamentos, apresentando valores de 33,3; 50,5 e 66,6%, respectivamente, para os tratamentos cana-de-açúcar *in natura* com 2,25% de CaO e NaOH (Figura 2). Relacionando esses resultados com as teorias sobre a ingestão de alimentos pelos animais, pode-se inferir que, quanto maior a ingestão de FDN, menor será a taxa de passagem do alimento, limitando o consumo pelo enchimento ruminal. Da mesma forma, Mertens (1997) relatou que o consumo de alimento está correlacionado negativamente com o teor de FDN da dieta, pois, quanto menos degradável é a fibra, mais tempo a forragem permanece

no rúmen e, conseqüentemente, mais o enchimento limita a ingestão de volumosos. Evidentemente, o efeito associativo dos alimentos pode melhorar a taxa de passagem da fibra de baixa qualidade e, com isso, provocar aumento no consumo de matéria seca de volumosos com elevado teor de fibra, mas esse procedimento deve ser utilizado com restrições e somente para casos economicamente viáveis.

Outro fator de destaque, no presente trabalho, é o teor de lignina presente na cana-de-açúcar (Tabela 1), relacionada com degradabilidade da FDN. A cana-de-açúcar tratada com NaOH e CaO apresentou menores teores de lignina quando comparada com a cana-de-açúcar *in natura*. Tais valores indicaram que os aditivos alcalinos (NaOH ou CaO) promovem também a redução parcial da lignina (Tabela 1), o que vem a contribuir para melhorar a taxa de degradabilidade da cana-de-açúcar hidrolisada.

De maneira semelhante à degradabilidade da MS e FDN, o desaparecimento ruminal da FDA da cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH também foi superior aos demais tratamentos (Figura 2). Também, no tempo de 48 horas de incubação ruminal, os tratamentos tenderam a estabilizar a taxa de degradação, apresentando valores de 29,3; 45,9 e 62,9%, respectivamente, para os tratamentos cana-de-açúcar *in natura* tratada com 2,25% de CaO ou NaOH. Constatou-se que a cana-de-açúcar *in natura* apresentou menores taxas de degradabilidade da FDN (38,7%) e da FDA (36,6%). Desse modo, mesmo apresentando grande potencial de utilização na alimentação de ruminantes, fica evidente a necessidade de aplicações técnicas que contribuam para melhorar o valor nutritivo da cana-de-açúcar.

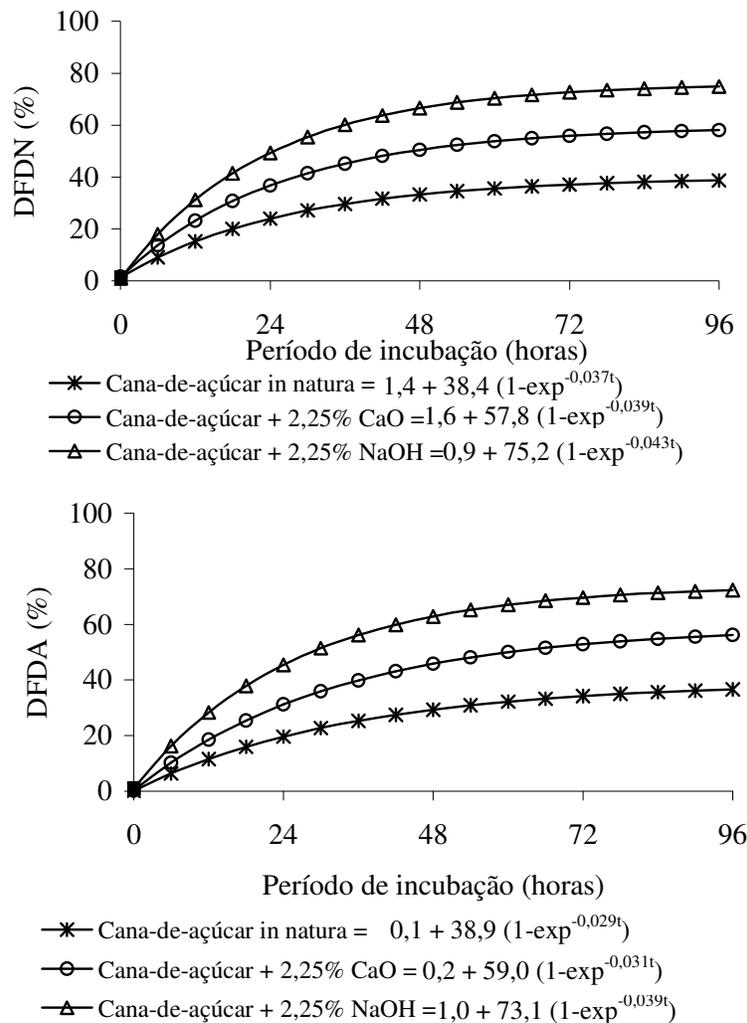


Figura 2. Curva da degradação potencial da fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA) da cana-de-açúcar *in natura* ou tratada com 2,25% de hidróxido de sódio (NaOH) ou óxido de cálcio (CaO)

Para a degradação de hemicelulose, o tratamento cana-de-açúcar com 2,25% de NaOH se destacou dos demais tratamentos por apresentar maior taxa de degradação (86,0%), enquanto que os tratamentos *in natura* e tratado com 2,25% de CaO os valores de degradabilidade foram 48,5 e 66,1%,

respectivamente (Figura 3). Ocorreu estabilização para todos os tratamentos a partir das 48 horas de incubação, apresentado taxas de desaparecimento ruminal da hemicelulose de 47,8; 65,6 e 82,5%, respectivamente, para os tratamentos *in natura*, tratado com 2,25% de CaO ou NaOH.

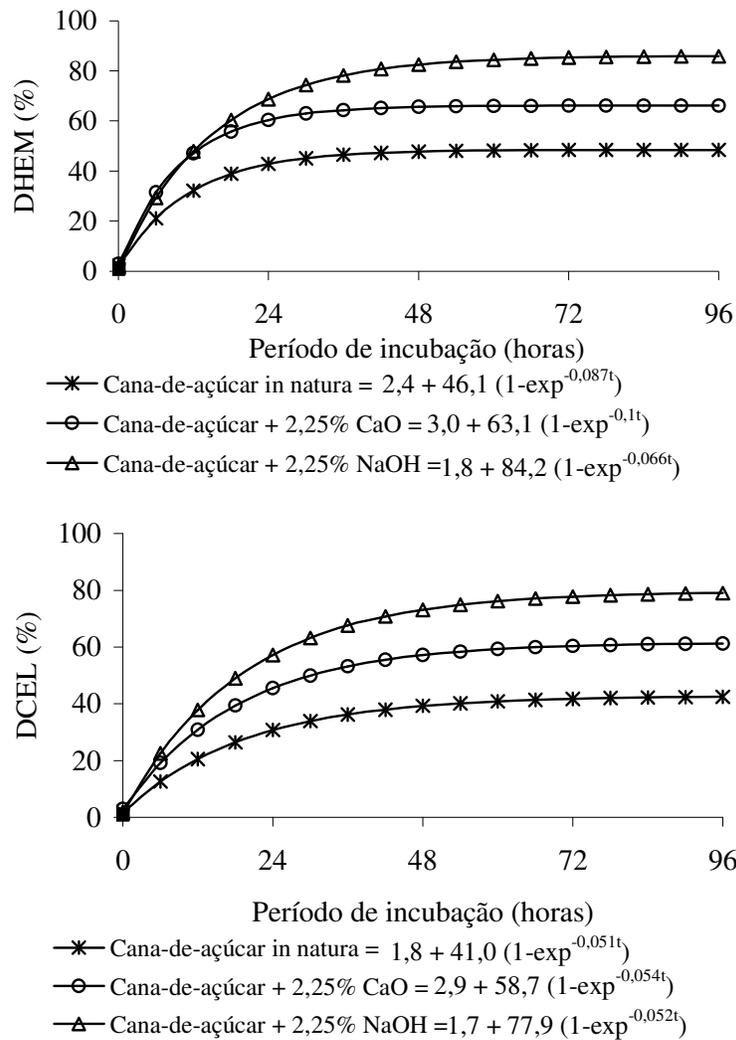


Figura 3. Curva da degradação potencial da hemicelulose (DHEM) e celulose (DCEL) da cana-de-açúcar *in natura* ou tratada com 2,25% de hidróxido de sódio (NaOH) ou óxido de cálcio (CaO)

Verificou-se mesma tendência para a degradação da celulose, sendo que a cana-de-açúcar hidrolisada com 2,25% de NaOH, após 96 horas de incubação ruminal, destacou-se por promover um incremento de 86,1% na degradabilidade da cana-de-açúcar, em comparação ao tratamento *in natura*, enquanto a cana-de-açúcar tratada com 2,25% de CaO promoveu um incremento apenas de 44,2% (Figura 3).

Todos os tratamentos tenderam a estabilizar a degradação a partir das 48 horas após a incubação ruminal, apresentando taxas de desaparecimento da celulose de 42,8; 57,2 e 73,2%, respectivamente, para os tratamentos *in natura* e tratada com 2,25% de CaO ou NaOH.

O tratamento da cana-de-açúcar com 2,25% de NaOH promoveu maior degradabilidade potencial e efetiva da

matéria seca e da fração fibrosa, seguido do tratamento com 2,25% de CaO e, por último, da cana sem tratamento, sugerindo um melhor aproveitamento dos nutrientes quando tratada com NaOH.

REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC.

Technical committee on responses to nutrients: energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: Cab International, 1995. 159p. [[Links](#)].

BALSALOBRE, M.A.A.; CORSI, M.; SANTOS, P.M.; PENATI, M.A.; DEMETRIO, C.G.B. Cinética da degradação ruminal do capim Tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1747-1762, 2003 Supl 1. [[Links](#)].

CÂNDIDO, M.J.D.; NEIVA, J.N.M.; PIMENTEL, J.C.M.; VASCONCELOS, V.R.; SAMPAIO, E.M.; MENDES NETO, J. Avaliação do valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.5, p.928-935, 1999. [[Links](#)].

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.; SILVA, F.F.; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.125-132, 2006. [[Links](#)].

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P.; PERREIRA, J.C.; CABRAL, L.S.; VITTORI, A.; PEREIRA, E.S. Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1350-1357, 2001. [[Links](#)].

HUNTINGTON, J.A.; GIVENS, D.I. The in situ technique for studying the rumen degradation of feeds: a review of the procedure. **Nutritional Abstracts and Reviews**, v.65, n.2, p.63-93, 1995. [[Links](#)].

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; PEDROSO, A.F.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; JUNQUEIRA, M.C.; PACKER, I.U.; CAMPOS, F.P. Efeito de enzimas fibrolíticas e do teor de matéria seca em silagens de capim-tanzânia sobre os parâmetros ruminais, o comportamento ingestivo e a digestão de nutrientes, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.736-745, 2005. [[Links](#)].

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997. [[Links](#)].

ØRSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, n.1, p.449-453, 1979. [[Links](#)].

PINTO, A.P.; MIZUBUTI, I.Y.;
RIBEIRO, É.L.A.; ROCHA, M.A. SILVA
FILHO, M.F.; KURAOKA, J.T.
Degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar
integral tratada com diferentes níveis de
hidróxido de sódio. **Ciências Agrárias**,
v.28, n.3, p.503-512, 2007. [[Links](#)].

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.;
VALADARES FILHO, S.C.;
PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.;
SILVA, F.F.; SILVA, P, A.; ÍTAVO,
L.C.V. Degradabilidade do bagaço de
cana-de-açúcar tratado com amônia
anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista
Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4,
p.1071-1077, 2004. [[Links](#)].

PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.;
CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA,
G.R.; BERNADES, T.F.; RUGGIERI,
A.C.; ALMEIDA, E.O.; ROTH, M.T.
Degradabilidade ruminal da matéria
seca, da fração fibrosa e da proteína
bruta de forrageiras. **Pesquisa
Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4,
p.643-648, 2006. [[Links](#)].

REIS, R.A.; RODRIGUES, R.L.A.;
RESENDE, K.T.; PEREIRA, J.R.A.;
RUGGIERI, A.C. Avaliação de fontes
amônia para o tratamento de fenos de
gramíneas tropicais. 1. Constituintes da
parede celular, poder tampão e atividade
ureática. **Revista Brasileira de
Zootecnia**, v.30, n.3, p.674-681, 2001.
[[Links](#)].

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **SAEG -
Sistema para análises estatísticas e
genética**: versão 8.0. Viçosa: Fundação
Arthur Bernardes, 2001, 301p. [[Links](#)].

RODRIGUES, R.C.; PEIXOTO, R.R.
Avaliação nutricional do bagaço de
cana-de-açúcar de micro destilaria de
álcool para ruminantes. **Revista
Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2,
p.212-221, 1993. [[Links](#)].

SANTOS, J.; CASTRO, A.L.A.;
PAIVA, P.C.A.; BANYNS, V.L. Efeito
dos tratamentos físicos e químicos no
resíduo de lixadeira do algodão.
Ciência e Agrotecnologia, v.28, n.4,
p.919-923, 2004. [[Links](#)].

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.;
ZOPOLLATTO, M.; RIBEIRO, J.L.;
SANTOS, V.P.; PIRES, A.V. Aditivos
químicos ou biológicos na ensilagem de
cana-de-açúcar: parâmetros ruminais e
degradabilidade da matéria seca e das
frações fibrosas. **Revista Brasileira de
Zootecnia**, v.36, n.5, p.1676-1684,
2007. Supl. [[Links](#)].

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise
de alimentos**: métodos químicos e
biológicos. Viçosa, MG: Imprensa
Universitária, 2002. 235p. [[Links](#)].

Data de recebimento: 16/05/2008

Data de aprovação: 12/07/2009