

Composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca de cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem¹

Composition bromatologic-chemical and in vitro dry matter digestibility of sugarcane hydrolyzed with whitewash

RABELO, Carlos Henrique Silveira^{2*}; REZENDE, Adauton Vilela de²; NOGUEIRA, Denismar Alves³; RABELO, Flávio Henrique Silveira⁴; ELIAS, Rafael Ferreira²; FARIA JÚNIOR, Danni Cesar Nogueira Achcar de⁴

¹Projeto de Iniciação Científica financiado pelo CNPq.

²Universidade José do Rosário Vellano, Faculdade de Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

³Universidade Federal de Alfenas, Departamento de Ciências Exatas, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

⁴Universidade José do Rosário Vellano, Faculdade de Agronomia, Departamento de Agronomia, Alfenas, Minas Gerais, Brasil.

*Endereço para correspondência: carlos.zoo@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se avaliar a cal virgem como agente hidrolisante e utilizou-se como parâmetro a composição químico-bromatológica de cana-de-açúcar *in natura* e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS). A pesquisa foi conduzida no Departamento de Zootecnia da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), campus de Alfenas (MG). O delineamento experimental foi o totalmente aleatorizado em esquema fatorial 4x4, com a utilização de três doses de (0,5; 1,0 e 2,0%) e ausência de cal virgem, e quatro tempos de exposição das massas ao oxigênio (0; 3; 6 e 12 horas), com quatro repetições. Os teores de matéria seca e minerais, e valores de pH aumentaram linearmente à inclusão de cal virgem, enquanto a temperatura teve comportamento quadrático. O tratamento com cal não influenciou os teores de fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido e lignina. Os menores teores de fibra insolúvel em detergente neutro e lignina foram observados no momento da mistura entre cana-de-açúcar e cal (tempo zero hora). A adição de cal virgem à cana-de-açúcar não foi capaz de alterar os coeficientes de DIVMS. De maneira geral, não houve benefícios sobre a composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar em resposta

à adição de cal virgem. Portanto, não se recomenda a prática de adição de cal virgem na cana-de-açúcar para fornecimento aos animais.

Palavras-chave: óxido de cálcio, parede celular, tratamento alcalino

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate whitewash as a hydrolyzing agent having as parameter the chemical-bromatologic composition of *in natura* sugarcane and *in vitro* dry matter digestibility. The research was conducted in Department of Animal Science at University José of Rosário Vellano (UNIFENAS), in Alfenas (MG). The experimental design was a completely randomized in factorial scheme 4x4, utilizing three doses of whitewash (0.5; 1.0 and 2.0%) and absence of whitewash, and four times of exposition of the masses to oxygen (0; 3; 6 and 12h) with four replicates. The content of dry matter and minerals and still the pH values increased linearly to the addition of whitewash, while temperature presented quadratic behavior. The treatment with whitewash did not influence the contents of neutral detergent insoluble fiber, acid detergent insoluble fiber and lignin. The lowest contents of neutral detergent insoluble

fiber and lignin were found at the moment of the mixture between sugar cane and whitewash (time 0 hour). The addition of whitewash was not changed the coefficients of IVDMD. In general, there were no benefits on the chemical-bromatologic composition of sugar cane to the addition of whitewash. Consequently, not recommended practice of adding of whitewash in the sugar cane for animal feeding.

Keywords: calcium oxide, cell wall, alkaline treatment

INTRODUÇÃO

O setor pecuário demanda cada vez mais alimentos de bom valor nutritivo e a baixo custo, o que pode ser obtido somente por meio de eficiência na produção. Atualmente exige-se maior quantidade e qualidade das forragens, e a alimentação dos animais se constitui como o item de maior peso no custo de produção (JOBIM et al., 2007).

A cana-de-açúcar é uma cultura que tem se destacado na alimentação animal, pelo fato de o Brasil ser o maior produtor mundial (423 milhões de toneladas na última safra) com área cultivada de cerca de 5,8 milhões de hectares (SANTOS, 2007). Aliada a este fato, existem outras vantagens na utilização desta cultura na alimentação animal, como a facilidade e tradição no cultivo, maturação que coincide com o período de escassez de forragem nos pastos e o baixo custo por unidade de matéria seca produzida. Entretanto, para utilização desta forrageira na forma *in natura* é necessário o uso de aditivos que promovam o intumescimento alcalino da celulose e solubilização parcial da hemicelulose (KLOPFENSTEIN, 1980), a fim de torná-la mais digestível.

Nesse contexto, tem-se testado vários aditivos com o objetivo de aumentar o tempo de estocagem da cana-de-açúcar,

bem como diminuir os teores de fibra a fim de proporcionar alterações que facilitem a degradação desta forrageira por micro-organismos ruminais. Os aditivos químicos que mais se destacam nesse processo são, hidróxido de sódio (NaOH), cal hidratada (Ca(OH)₂) e cal virgem microprocessada (CaO) (ANDRADE et al. 2001; OLIVEIRA et al. 2002). Oliveira et al. (2007), observaram alteração positiva na digestibilidade dos nutrientes da cana-de-açúcar quando esta foi hidrolisada com 0,5% de cal virgem. Entretanto, nem sempre é observado efeito benéfico da adição de aditivos sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar. Oliveira et al. (2008a), ao avaliarem a inclusão de 0,5 e 0,6% de Ca(OH)₂ sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar cv. IAC 862480, não observaram efeito sobre a qualidade da mesma. Freitas et al. (2008), ao estudarem o desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada com Ca(OH)₂, não observaram alteração no consumo e ganho de peso dos animais com utilização de doses de 0,5 e 0,9%.

Face ao exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar *in natura* submetida à hidrólise por meio de cal virgem.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), campus de Alfenas (MG) no ano de 2008. A cana-de-açúcar utilizada no presente trabalho foi a cultivar SP81-3250, com 12 meses de desenvolvimento e grau brix = 20°.

A colheita da cana foi realizada manualmente com corte a 10cm da superfície do solo. Posteriormente, foi conduzida ao setor de Forragicultura da UNIFENAS para desintegração em picadeira estacionária, a fim de se obter partículas com tamanho entre 1,0 e 2,0cm.

Para confecção dos tratamentos utilizou-se 0,5; 1,0 e 2,0kg de cal virgem microprocessada para cada 100kg de cana fresca (massa verde), e foi feita a aplicação em pó, pois a cana possui quantidade de água suficiente para a hidratação da cal, de modo a se obter intensa homogeneização. Para efeito de comparação, um dos tratamentos permaneceu *in natura*, sem a adição de cal virgem. A cal virgem utilizada neste trabalho apresentou a seguinte composição química: teor máximo de óxido de cálcio (CaO) de 87,3%, teor mínimo de óxido de magnésio (MgO) de 0,4% e porcentagem de umidade da ordem de 1,0%.

Foram confeccionados montes de 5kg de cana-de-açúcar e mantidas as proporções descritas anteriormente, com permanência em repouso por 0; 3; 6 e 12 horas em galpão coberto. A temperatura foi aferida e foram colhidas amostras para determinação de pH e composição químico-bromatológica nestes tempos. A leitura do pH foi realizada por meio de peagômetro Beckman Expandomatic SS-2[®], após extração do suco celular de 10g de cana-de-açúcar nas unidades experimentais. Na medida em que as amostras foram colhidas, estas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenadas em freezer a -10°C, para posteriores análises.

Retiradas as amostras do freezer, estas permaneceram em temperatura ambiente até descongelarem, e em seguida foram alocadas em sacos de

papel e secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas. Na sequência, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, com peneira de orifícios de 1mm, e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), e matéria mineral (MM), conforme métodos recomendados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC) - (1970), e mediante metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002). As frações fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina, foram determinadas conforme as técnicas descritas por Goering & Van Soest (1970). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi determinado conforme descrito em Capelle et al. (2001).

Para o ensaio da digestão *in vitro* foi colhido conteúdo ruminal de uma vaca mestiça que permaneceu em uma baía, durante sete dias, com cocho de alimentação, bebedouro e cocho para mistura mineral. Fez-se a adaptação do animal a uma dieta de 25kg de cana-de-açúcar + 3,0kg de concentrado (mistura de milho + farelo de soja + suplemento mineral). A colheita do conteúdo ruminal foi realizada manualmente no período da manhã do 8º dia do início da adaptação, antes da primeira refeição, e em seguida, foi acondicionado em recipiente mantido em uma caixa de isopor, a fim de conservar a temperatura, e após a retirada da quantidade necessária de líquido ruminal, foi injetado ao mesmo, gás CO₂ com objetivo de manter a anaerobiose. Posteriormente, foi feita a filtragem em tecido de algodão, por meio de pressão manual.

O líquido ruminal foi encaminhado ao Laboratório de Análise de Alimentos da UNIFENAS para dar seguimento às análises. Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca

(DIVMS) foram determinados de acordo com o método de dois estágios proposto por Tilley & Terry (1963).

O delineamento experimental utilizado foi o totalmente aleatorizado em esquema fatorial 4x4, em que foram estudadas ausência e três doses de cal virgem (0,5; 1,0 e 2,0%) em quatro tempos de repouso (0; 3; 6 e 12 horas), com quatro repetições, em um total de 64 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de regressão com significância de 5%, e decompostas as equações ao efeito de ordem linear, quadrática e cúbica, com posterior ajuste de regressões. Todos os procedimentos estatísticos foram

realizados por meio do software SISVAR[®] (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH foram alterados ($p < 0,01$) em função da dose de cal utilizada na hidrólise da cana-de-açúcar e tempo de contato “cana-cal”, bem como, pela interação entre estes fatores. Foi verificado que para o tratamento *in natura* o pH diminuiu 0,08 unidades a cada hora de repouso (Figura 1) em virtude da fermentação do material.

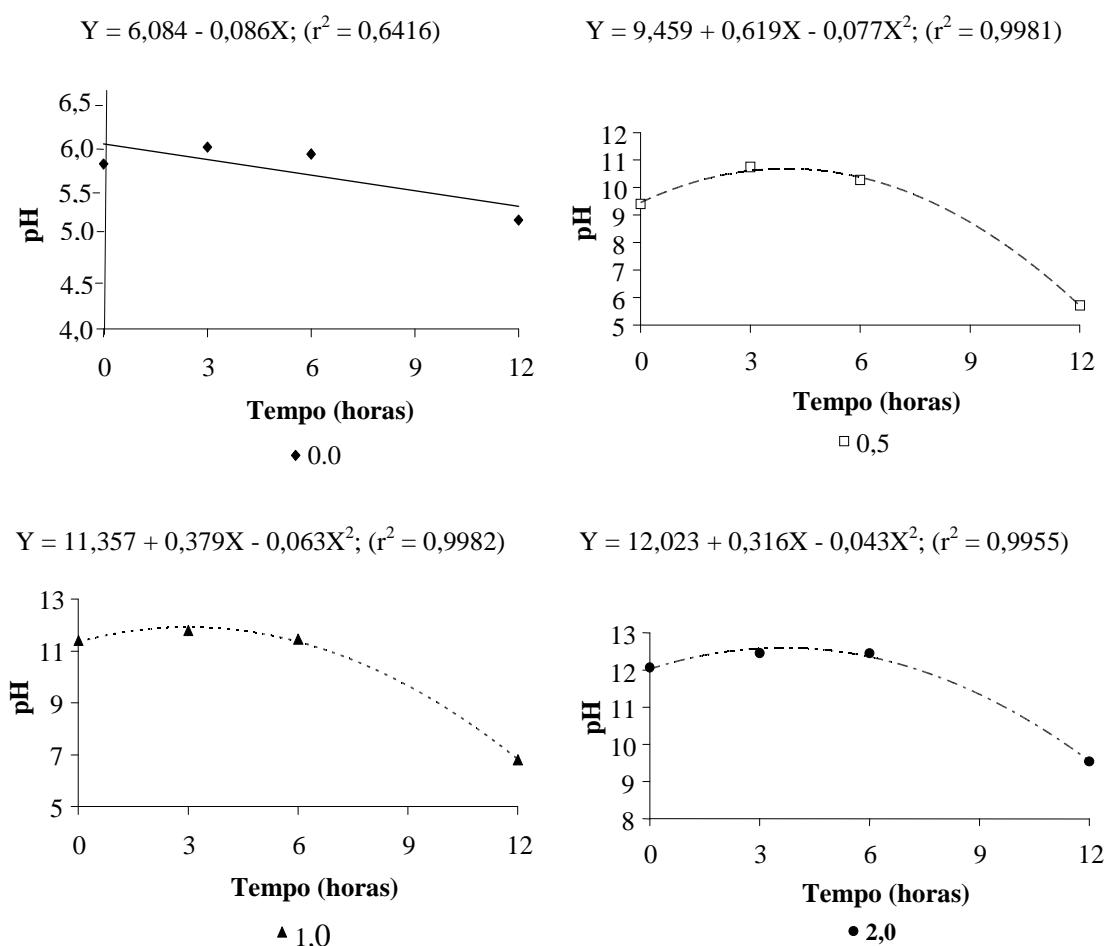


Figura 1. Desdobramento da interação entre as doses de cal virgem e tempos de hidrólise para os valores de pH da cana-de-açúcar cv. SP81-3250

As massas de cana tratadas com 0,5% de cal apresentaram pH 9,45 no momento da mistura entre os componentes, com pequeno acréscimo até 6 horas e queda destes valores em seguida. O mesmo foi observado quando houve inclusão de 1,0 e 2,0% de cal, em que os valores de pH se mantiveram relativamente constantes até 6 horas de exposição aeróbia, e após este tempo houve queda, como também se notou, que o pH inicial foi superior ao tratamento *in natura* e hidrolisado com 0,5% de cal. O decréscimo no valor de pH é natural, pois as massas em aerobiose apresentam substratos para o desenvolvimento de microrganismos, que produzem ácidos orgânicos, o que faz com que o pH diminua com o decorrer das horas. Conforme notado na Figura 1, os valores de pH aumentaram em virtude

da adição de cal virgem à cana-de-açúcar em todos os tempos avaliados, o que segundo Oliveira et al. (2008b) é fator preponderante para a alcalinização da fração fibrosa da cana-de-açúcar, além de proporcionar várias alterações nos demais nutrientes.

A temperatura dos amontoados de cana-de-açúcar foi alterada em decorrência da dose de cal ($p < 0,05$) e tempo de hidrólise, bem como pela interação entre os dois fatores ($p < 0,01$). Salienta-se que no tempo zero, todas as massas tratadas com cal virgem apresentaram temperatura mais elevada que o tratamento *in natura* (Figura 2), o que é normal, pois durante a mistura a reação provocada pela umidade da cana-de-açúcar em contato com o óxido de cálcio eleva a temperatura.

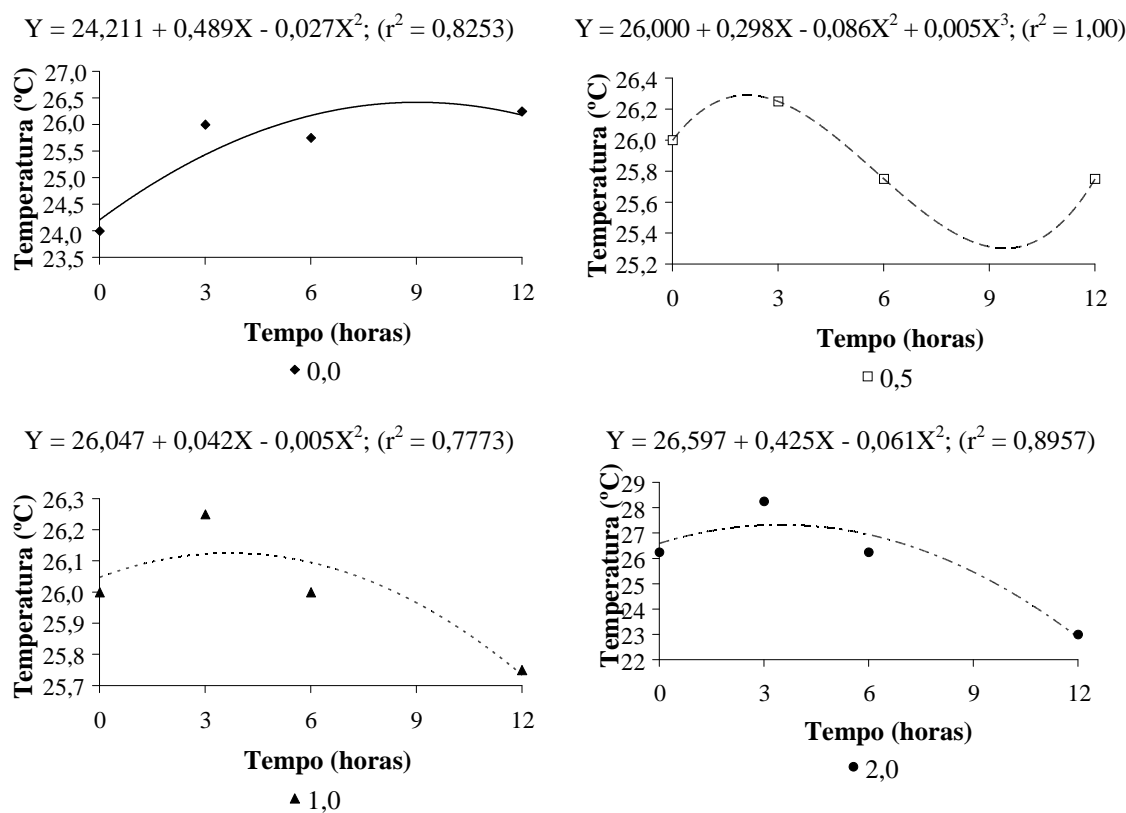


Figura 2. Desdobramento da interação entre as doses de cal virgem e tempos de hidrólise para temperatura (°C) da cana-de-açúcar cv. SP81-3250

Somente o tratamento *in natura* teve acréscimo na temperatura no decorrer das horas avaliadas, que passou de 24,2 para 26,1°C após 12 horas de repouso (Figura 2). As massas de cana-de-açúcar tratadas com 1,0 e 2,0% de cal tiveram decréscimo na temperatura a partir de 3 horas de repouso, com a menor variação para as massas tratadas com 1,0% (0,29°C) e maior variação para a maior dose (4,41°C). Por último, a cana hidrolisada com 0,5% de cal apresentou grande variação no tempo, em que a partir de 3 horas foram aferidas menores temperaturas, com tendência de aumento após 9 horas.

A menor variação de temperatura na cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem se deve provavelmente ao aumento da pressão osmótica ocasionada pelo uso do aditivo, o que pode ter provocado decréscimo na população microbiana, e refletido em valores relativamente constantes (SANTOS, 2007). Oliveira et al. (2008a), encontraram diferença na temperatura da cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada em relação ao tempo de repouso, foi notado por esses autores. Ao avaliar o teor de MS no tempo, observa-se que o maior valor ($p < 0,01$) foi encontrado logo no tempo zero, (momento da mistura “cana-cal”) - (Tabela 1), e a partir deste momento houve queda até 6 horas de repouso, descrito pela equação $Y = 34,150 - 0,787X + 0,053X^2$ ($r^2 = 0,9881$). O maior teor de MS observado logo no momento da mistura pode ter ocorrido devido à reação entre cal virgem e cana-de-açúcar, o que provocou o acréscimo da temperatura, com evaporação da água, e consequentemente a elevação do teor de MS. Entretanto, este efeito não parece ser tão incisivo sobre o teor de MS após longo tempo de repouso, como observado por Cruz et al. (2009), que relataram não haver diferença no teor de

temperatura de 17,69°C no tempo zero e 24,98°C após 6 horas de repouso.

O fato da temperatura da cana-de-açúcar elevar-se no momento da hidrólise pode influenciar o desempenho animal, pois conforme relatado por Moraes et al. (2008), novilhas Nelore e mestiças Nelore-Holandês diminuíram o consumo, e não houve melhora da digestibilidade em resposta ao fornecimento de cana-de-açúcar hidrolisada a 1,0% (cal virgem), devido a alta temperatura encontrada em relação à cana *in natura*.

O teor de MS da cana-de-açúcar aumentou significativamente ($p < 0,01$) com a inclusão de cal (Tabela 1), e para cada 1,0% de cal adicionada houve aumento de 0,99% no teor de MS, representado pela equação $Y = 31,665 + 0,999X$ ($r^2 = 0,7288$). Este resultado era esperado, pois a cal virgem apresentou 99,0% de MS. Oliveira et al. (2008b), ao avaliarem a inclusão de cal hidratada sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar cv. IAC 862480 notaram valores de 22,53; 23,14 e 24,49% de MS para o tratamento controle e tratados com 0,5 e 1,0% de cal hidratada, respectivamente. MS da cana-de-açúcar (variedade RB-72.454) quando avaliada 12 e 24 horas após a mistura entre os componentes (25,6 e 25,3%).

Os menores teores de MO ($p < 0,01$) foram observados quando se utilizou maiores doses de cal, o que se deve ao aumento no teor de minerais (MM) proporcionado pela adição de cal, visto que o teor de MM aumentou 1,31% para cada 1,0% de cal adicionada, conforme a equação $Y = 2,095 + 1,315X$ ($r^2 = 0,9980$). Do mesmo modo houve queda de 1,31% no teor de MO descrito pela equação $Y = 97,904 - 1,315X$ ($r^2 = 0,9980$). Tal fato está de acordo com a hipótese de que a composição da cal virgem (teores elevados de minerais) levaria ao aumento no teor de minerais

da cana-de-açúcar. Estes resultados corroboram com Oliveira et al. (2008a), que ao avaliarem a inclusão de cal hidratada à cana-de-açúcar (variedade IAC 862480) observaram decréscimo

nos teores de MO de 1,75 e 2,00 pontos percentuais nas doses de 0,5 e 0,6%, respectivamente em relação ao tratamento controle (97,54%).

Tabela 1. Composição químico-bromatológica (% na MS) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da cana-de-açúcar cv. SP81-3250 de acordo com as doses de cal virgem aplicada e tempos de hidrólise

Dose (%)	MS	MO	MM	PB	FDN	FDA	LIG	NDT	DIVMS
0,0	31,66	97,90	2,09	2,01	40,54	22,84	4,38	65,35	56,49
0,5	32,16	97,24	2,75	2,12	40,08	23,67	4,07	65,73	57,58
1,0	32,66	96,58	3,41	2,18	40,39	23,12	3,91	65,51	47,81
2,0	33,66	95,27	4,72	2,12	40,12	22,62	4,11	65,69	52,78
P	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05	>0,05
Tempo (horas)									
0	34,15	96,86	3,13	2,41	38,56	23,61	3,75	66,83	55,84
3	32,26	96,66	3,33	1,94	40,27	22,13	3,74	65,57	49,01
6	31,34	96,59	3,40	2,09	41,25	23,26	3,95	64,86	53,18
12	32,39	96,89	3,10	1,99	41,03	23,24	5,03	65,02	56,63
CV (%)	4,21	0,36	10,70	6,99	6,25	8,53	13,73	2,55	20,29
P	<0,01	<0,05	<0,05	<0,01	<0,05	>0,05	<0,01	<0,05	>0,05

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; LIG = lignina; NDT = nutrientes digestíveis totais; CV = coeficiente de variação.

Quando se avaliou o teor de MO nos tempos de repouso ($p < 0,05$), foi notado comportamento quadrático, ao se adotar a equação $Y = 96,861 - 0,089X + 0,007X^2$ ($r^2 = 0,6790$), cujos valores estão representados na Tabela 1. Embora tenha havido diferença estatística, nota-se que numericamente os valores apresentaram relativa constância, o que segundo Oliveira et al. (2008a), este comportamento está intimamente relacionado ao teor de óxido de cálcio e óxido de magnésio presentes na cal, o que irá determinar o “poder” de hidrólise da mesma.

Em resposta à adição de cal virgem, o teor de PB da cana-de-açúcar comportou-se de maneira quadrática ($p < 0,05$) conforme a equação $Y = 2,018 + 0,275X - 0,110X^2$ ($r^2 = 0,8587$), de forma que o menor teor foi encontrado no tratamento *in natura*, e o maior quando a cana recebeu 1,0% de cal (Tabela 1). Embora observe ganho de 0,17 ponto percentual no teor de PB quando se adicionou 1,0% de cal, salienta-se que a quantidade de nitrogênio ofertada aos animais não atende às necessidades fisiológicas destes, portanto é imprescindível a suplementação protéica deste volumoso,

para potencializar o aproveitamento por microrganismos ruminais. Azevedo et al. (2003), ao trabalharem com três variedades de cana-de-açúcar, uma de ciclo precoce (SP80-1842) e as outras duas de ciclo intermediário (RB845257 e SP79-1011) destacaram a pouca contribuição dos teores de PB da cana na formulação de rações a base deste volumoso.

De acordo com a Tabela 1, nota-se que o maior teor de PB ($p < 0,01$) foi determinado logo no tempo zero (2,41%) com decréscimo até 3 horas de repouso (1,94%). Esta variável apresentou grande variação no tempo, ao se decompor o efeito da cal sobre a cana-de-açúcar em comportamento cúbico ($Y = 2,417 - 0,321X + 0,065X^2 - 0,003X^3$; $r^2 = 1,00$). A pequena variação existente no teor de PB relatada na literatura quando a cana-de-açúcar é submetida à hidrólise, tende a não influenciar no desempenho animal, conforme relatado por Freitas et al. (2008), cujos autores não observaram alteração no consumo de proteína pelos ovinos quando a cana foi hidrolisada com 0,5 e 0,9% de hidróxido de cálcio, possivelmente pela baixa participação deste nutriente, o que reforça a hipótese de que deve haver suplementação protéica à dieta.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que não houve efeito isolado da cal virgem ($p > 0,05$) sobre a porcentagem de FDN, e possivelmente este fato deve-se à origem da rocha, e aos teores principalmente de óxido de cálcio e óxido de magnésio da cal virgem utilizada no presente trabalho, o que influenciou no poder hidrolisante da cal conforme descrito por Oliveira et al. (2008a). No entanto, a fração FDN foi alterada pelo tempo em que os amontoados permaneceram em repouso e pela interação entre tempo e dose

utilizada na hidrólise ($p < 0,05$). O comportamento quadrático para esta variável ($Y = 38,567 + 0,691X - 0,040X^2$; $r^2 = 0,6717$), descreve o aumento observado no momento da mistura (tempo zero) até 6 horas de hidrólise, com pequeno decréscimo a partir deste tempo (Tabela 1).

Ao se desdobrar a variável tempo de hidrólise dentro de dose, verificou-se que houve aumento de 0,17 e 0,24 pontos percentuais no teor de FDN no tratamento *in natura* e hidrolisado a 1,0% (Figura 3). Entretanto, o teor de FDN da cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5 e 2,0% de cal demonstrou tendência de queda a partir de 6 horas de hidrólise, e ainda, pode se notar que no tempo zero, a dose de 0,5% de cal foi a mais eficiente em promover o decréscimo da fração FDN, o que concorda com a hipótese de que a cal promove a solubilização parcial da hemicelulose e ruptura da celulose (JACKSON, 1977), o que facilita a atuação de micro-organismos no rúmen dos animais.

Oliveira et al. (2008a), ao avaliarem a inclusão de cal hidratada como agente hidrolisante em cana-de-açúcar, observaram teores de FDN de 40,52; 41,27 e 41,35% após 3, 6 e 9 horas da mistura, respectivamente.

A fração FDA não foi influenciada pela dose de cal assim como pelo tempo de hidrólise ($p > 0,05$), possivelmente devido à fonte de cal utilizada neste trabalho, conforme já discutido anteriormente. A cal virgem utilizada neste estudo apresentou 87,3% de CaO e 0,4% de MgO. Estes resultados estão de acordo com Oliveira et al. (2008a), que não observaram diferença nos teores de FDA quando houve inclusão de cal hidratada em 0,5 e 0,6% (25,14 e 24,28%) em relação à cana *in natura* (25,02%).

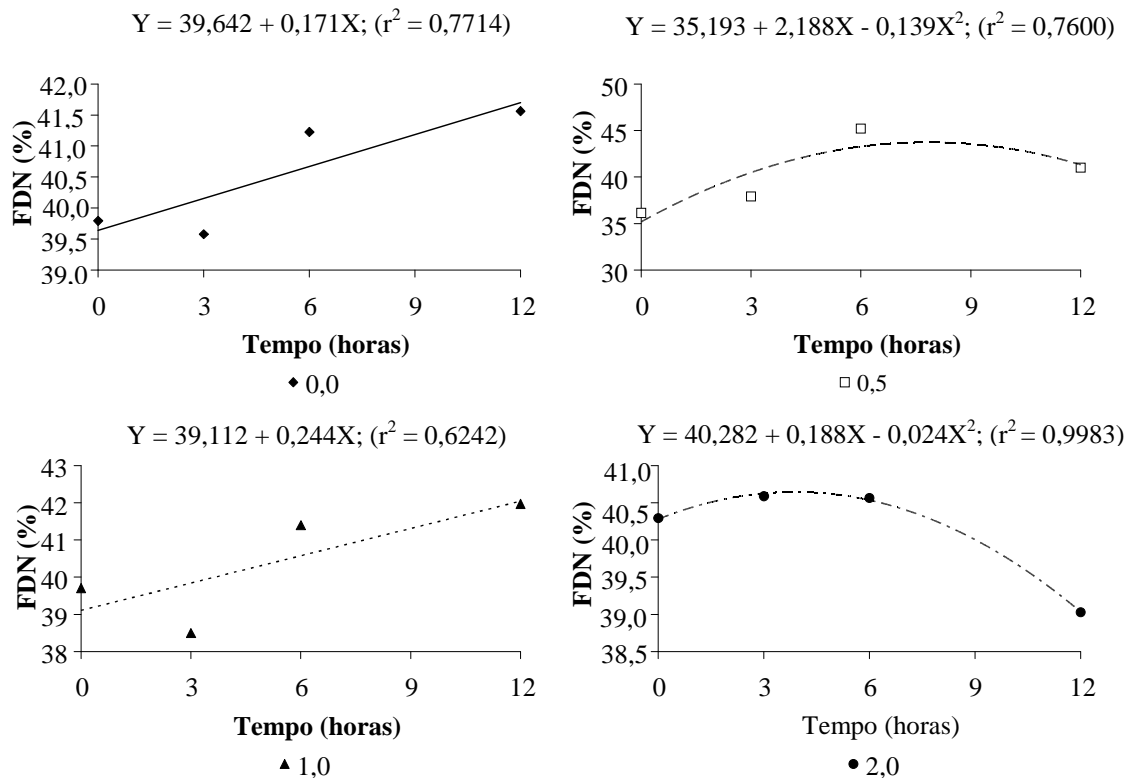


Figura 3. Desdobramento da interação entre as doses de cal virgem e tempos de hidrólise para o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) da cana-de-açúcar cv. SP81-3250

Assim como observado para as frações FDN e FDA, não houve efeito da cal virgem sobre os teores de lignina ($p > 0,05$), o que concorda com a assertiva de Klopfenstein (1980), em que esta fração normalmente não é alterada pelo tratamento químico. Contudo, o teor de lignina foi alterado pelo tempo de hidrólise e pela interação entre dose e tempo ($p < 0,01$), como se pode observar na Tabela 1, que, o teor de lignina se manteve praticamente igual até 3 horas de hidrólise, e a partir daí, ocorreu aumento acentuado desta variável ($Y = 3,751 - 0,038X + 0,012X^2$; $r^2 = 0,7329$). Ao se desdobrar o tempo de hidrólise dentro de dose, pode ser observado que houve aumento linear no teor de lignina quando se

utilizou 0,5 e 2,0% de cal virgem (0,20 e 0,15% por hora) - (Figura 4).

As massas de cana-de-açúcar no estado *in natura* e hidrolisada com 1,0% de cal apresentaram resposta quadrática no tempo. Foi observado decréscimo no teor de lignina até 6 horas de estocagem, com aumento desta variável a partir deste tempo, e os maiores teores foram alcançados após 12 horas de repouso (Figura 4). Este resultado pode estar associado à maior atuação dos micro-organismos aeróbios, sobre os carboidratos não-estruturais após 6 horas de hidrólise (o que resultou em aumento no teor da fração lignina), de modo a sugerir que, o efeito negativo da cal virgem sobre o desenvolvimento destes, pode ter ocorrido nos momentos iniciais de avaliação.

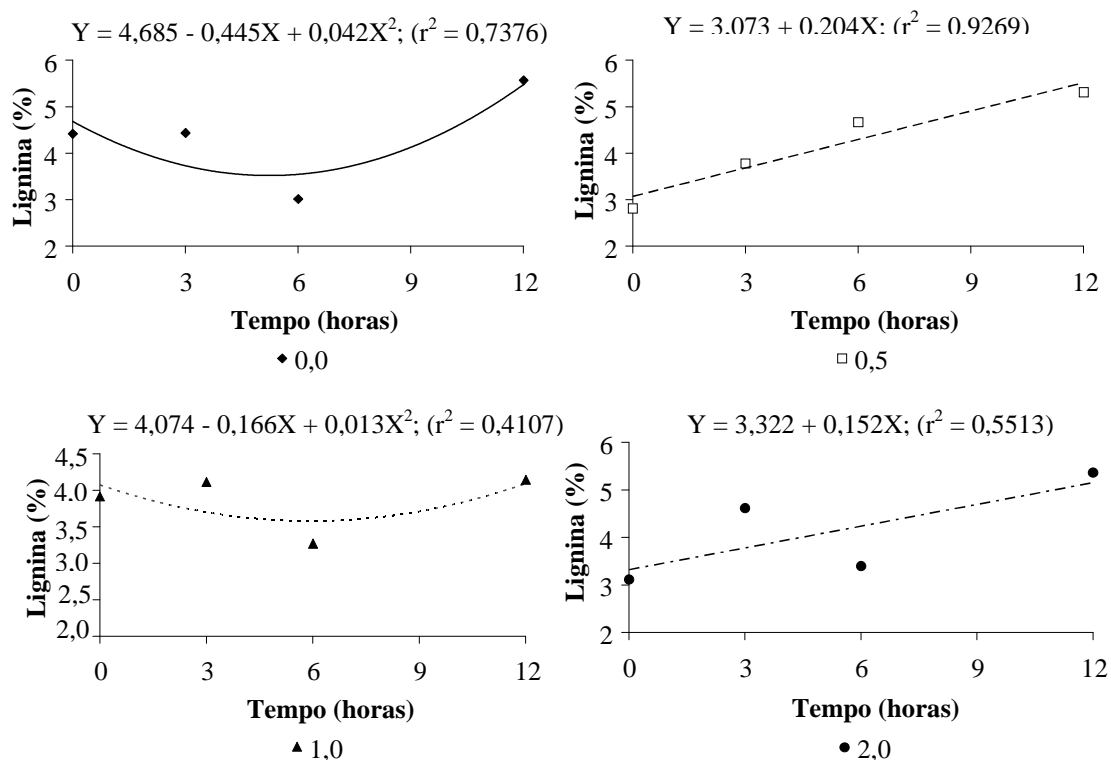


Figura 4. Desdobramento da interação entre as doses de cal virgem e tempos de hidrólise para o teor de lignina da cana-de-açúcar cv. SP81-3250

Não houve efeito da adição de cal sobre o nutrientes digestíveis totais da cana-de-açúcar ($p > 0,05$), no entanto, esta variável foi afetada pelo tempo de hidrólise e pela interação entre os fatores estudados (dose e tempo) ($p < 0,05$) (Tabela 1 e Figura 5). Conforme apresentado na Tabela 1, o teor de NDT diminuiu até 6 horas de hidrólise, e aumentou a partir deste tempo ($Y = 66,830 - 0,506X + 0,029X^2; r^2 = 0,7488$).

Com desdobramento da interação entre dose e tempo de hidrólise foi notado que a cana-de-açúcar *in natura* apresentou queda de 0,12% no teor de nutrientes digestíveis totais por hora, assim como observado na massa tratada com 1,0% de cal virgem (0,17%) (Figura 5). Porém, as massas tratadas com 0,5 e 2,0% de cal apresentaram acréscimo no teor de nutrientes digestíveis totais a partir de 6 horas de hidrólise.

Observou-se que não houve efeito da dose de cal administrada, assim como do tempo de hidrólise sobre as médias de DIVMS da cana-de-açúcar ($p < 0,05$) - (Tabela 1). A não alteração nos coeficientes de DIVMS pode estar relacionada à concentração de óxido de cálcio total presente na cal (87,3%), o que corrobora com Oliveira et al. (2008a), ao relatarem que o aumento da DIVMS parece estar diretamente associado ao teor de óxido de cálcio presente na cal, e à dose de cal utilizada na hidrólise. Todavia, foi notado numericamente maior DIVMS para a massa tratada com 0,5% de cal virgem (57,58%), e menor porcentagem para 1,0% (47,81%). Segundo Faria et al. (2000), o objetivo de se utilizar cal virgem na hidrólise da cana-de-açúcar, é diminuir os teores de fibra e aumentar os coeficientes de digestibilidade, porém não foi observado tal efeito nesta pesquisa.

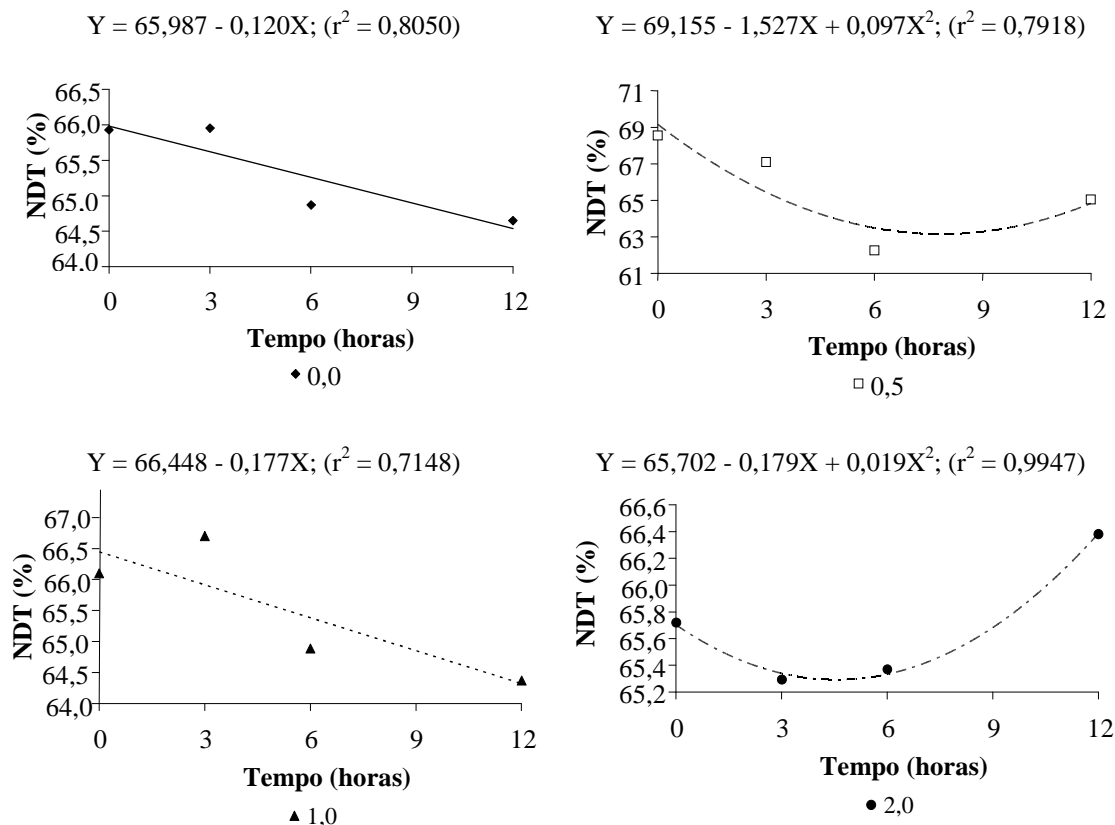


Figura 5. Desdobramento da interação entre as doses de cal virgem e tempos de hidrólise para o teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar cv. SP81-3250

Com relação ao tempo de hidrólise, os maiores coeficientes de DIVMS foram notados no momento da hidrólise e após 12 horas (55,84 e 56,63%). Oliveira et al. (2008a) não observaram efeito isolado da cal hidratada sobre a DIVMS da cana-de-açúcar cv. IAC 862480 e relataram valores de 67,22; 67,80 e 68,71% respectivamente para os tratamentos *in natura* e hidrolisados a 0,5 e 0,6%.

De maneira geral, não foi verificado efeito positivo da cal virgem sobre a composição químico-bromatológica da cana-de-açúcar. A adição de cal *per se* não altera as frações da parede celular da cana-de-açúcar. Portanto, não se recomenda a prática de adição de cal virgem na cana-de-açúcar para fornecimento aos animais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.B.; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1265-1268, 2001.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 11.ed. Washington, DC, 1970. 1015 p.

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.

CAPELLE, E.R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1837-1856, 2001.

CRUZ, B.C.C.; SCHIO, A.R.; PIRES, A.J.V.; EUSTÁQUIO FILHO, A.; SILVA, M.V.; SANTOS, C.L. Parâmetros físico-químicos e fracionamento de carboidratos da cana-de-açúcar submetida a diferentes concentrações de óxido de cálcio. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia (PUBVET)**, v.3, n.6, 2009.

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.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de Análise de Variância**. Lavras, MG: UFLA, 2000.

FREITAS, A.W.P.; ROCHA, F.C.; ZONTA, A.; FAGUNDES, J.L.; FONSECA, R.; ZONTA, M.C.M.; MACEDO, F.L. Consumo de nutrientes e desempenho de ovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar hidrolisada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.11, p.1569-1574, 2008.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA, 1970. (Agricultural Handbook, 379).

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

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, A.R.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007. Supl.

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

MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; PEREIRA, O.G.; PENA SOLÉRO, B. 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, 2008.

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.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C.; SILVA, T.M.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; CARABOLANTE, A.
Digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.1, p.41-50, 2007.

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, 2008a.

OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C.; MOTA, D.A.; ANDRADE, A.T. Efeito da hidrólise com cal virgem sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, v.14, n.1, p.9-17, 2008b.

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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

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

Data de recebimento: 02/03/2010

Data de aprovação: 20/08/2010