

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E PERFIL
FERMENTATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA*
E ENSILADA HIDROLISADA COM CAL VIRGEM**

Hirla Carneiro dos Santos Gregório
Médica Veterinária

UBERLÂNDIA – MINAS GERAIS – BRASIL
Maio de 2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E PERFIL
FERMENTATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA*
E ENSILADA HIDROLISADA COM CAL VIRGEM**

Hirla Carneiro dos Santos Gregório

Orientador: Prof. Dr. Edmundo Benedetti

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária - UFU, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias (Produção Animal).

UBERLÂNDIA – MG

Maio de 2008

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G823c Gregório, Hirla Carneiro dos Santos, 1983-

Composição bromatológica e perfil fermentativo da cana-de-açúcar in natura e ensilada hidrolisada com cal virgem / Hirla Carneiro dos Santos Gregório. - 2008.

88 f. : il.

Orientador:..Edmundo Benedetti.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia,

Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

Inclui bibliografia.

1. Ruminante - Alimentação e rações - Teses. 2. Ruminante - Nutrição - Teses. 3. Cana-de-açúcar - Composição - Teses. I. Benedetti, Edmundo. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.

CDU: 632.2 /

.3.085

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente e com todos os meus préstimos, à minha mãe, quem esteve presente em todas as etapas de minha vida, inclusive durante toda duração deste estudo, pessoa à qual sempre serei grata e eternamente admiradora de seu ser..!Pois como tal, ainda são raros os seres humanos!

Dedico também aos amigos que por este e por outros motivos se tornaram especiais em meu caminho...!

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos funcionários e técnicos da pós-graduação da Faculdade de Medicina Veterinária pelo apoio e também aos “trabalhadores e amigos” da Fazenda do Glória, os quais auxiliaram diretamente na conclusão deste estudo.

Agradeço à Calcinação Nossa Senhora da Guia Ltda., Arcos – MG e à Calfertil Transportes e Representações, Uberlândia – MG, empresas responsáveis pelo fornecimento e pelo transporte da cal virgem, respectivamente.

Agradeço ao professor Ednaldo da Faculdade de Matemática da UFU e ao técnico Hugnei do Laboratório de Nutrição Animal da UFU.

Agradeço ao colega de mestrado Mário, uma pessoa especial que colaborou ardorosamente para que este estudo fosse desenvolvido!

Agradeço ao professor Edmundo Benedetti, pelo apoio e por confiar este trabalho a mim.

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E PERFIL FERMENTATIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* E ENSILADA HIDROLISADA COM CAL VIRGEM

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes níveis (0; 1; 1,5 e 2%) de óxido de cálcio (CaO) e de diferentes tempos de hidrólise (0, 6, 12, 24 e 48 horas) na composição bromatológica da cana-de-açúcar fresca e ensilada e no perfil fermentativo dessa forrageira. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições para cada tratamento e as análises de variância foram feitas através do programa Sisvar (Teste de Tukey, 5% de significância). Amontoados de cana (variedade IAC 86-2480) foram tratados com 0; 1; 1,5 e 2% de CaO e amostras foram coletadas de cada tratamento após 0, 6, 12, 24 e 48 horas da adição de cal virgem. Parte da cana tratada foi ensilada em silos de laboratório os quais foram abertos 30 dias mais tarde. As seguintes variáveis foram analisadas: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), extrato não nitrogenado (ENN), fósforo (P), cálcio (Ca), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), nutrientes digestíveis totais (NDT), ácidos graxos voláteis (AGV), lactato, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e pH. Para a cana-de-açúcar fresca o tratamento com 1% de CaO foi suficiente para reduzir FB, FDA e FDN e aumentar MM, Ca e P, no tempo 0. Após 6h de hidrólise com 1; 1,5 ou 2% de CaO a LIG foi reduzida e após 24 h a MS aumentou e CEL e HEM diminuíram. A adição de cal principalmente nas maiores doses foi capaz de reduzir a concentração de ácido acético e aumentar as concentrações dos ácidos propiônico, butírico, láctico, N-NH₃ e pH. Os maiores teores de PB foram observados na forragem não aditivada.

Palavras-chave: cal virgem, cana-de-açúcar, ruminantes, silagem, tempos de hidrólise.

BROMATOLOGICAL COMPOSITION AND FERMENTATIVE PROFILE OF FRESH AND ENSILED SUGARCANE HYDROLISED WITH CALCIUM OXIDE

ABSTRACT

The objective of the present work was to evaluate the effects of different levels (0; 1; 1,5 and 2%) of calcium oxide (CaO) and different hydrolysis time (0, 6, 12, 24 and 48 hours) on the fresh and ensiled sugarcane bromatological composition and on its fermentative profile. The present work was carried out in a completely randomized experimental design with three replicates per treatment and variance analyses was made with Sisvar program (Tukey Test at 5% of significance). Amounts of sugarcane (IAC 86-2480) were treated with 0; 1; 1,5 and 2% of CaO and samples were collected of each treatment after 0, 6, 12, 24 and 48 hours of CaO addition. Part of treated sugarcane was ensiled in experimental silos which were opened 30 days later. The following variables were analyzed: dry matter (DM), crude protein (CP), crude fiber (CF), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), lignin (LIG), ether extract (EE), mineral material (MM), non nitrogen extract (NNE), phosphorus (P), calcium (Ca), cellulose (CEL), hemicellulose (HEM), total digestible nutrients (TDN), volatile fatty acid (VFA), lactate, ammonia nitrogen (N-NH₃) and pH. To fresh sugarcane the treatment with 1% of CaO was able to reduce CF, ADF and NDF and to increase MM, Ca and P, on time 0. After 6 h of hydrolysis with 1; 1,5 or 2% of CaO LIG was reduced and after 24h DM was increased and CEL and HEM were reduced. To ensiled sugarcane the treatment with 1 and 1,5% of CaO was able to increase DS, MM and NNE and to reduce NDF, ADF, LIG, CEL and HEM. Addition of CaO essentially on higher levels was able to reduce acetic acid concentration and to increase propionic, butyric and lactic acid concentrations and to increase N-NH₃ and pH. Higher levels of CP were observed for the non additive forage.

Key words: calcium oxide, hydrolysis time, ruminants, sugarcane, sugarcane silage.

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes	2
2.2 Cana-de-açúcar Ensilada	3
2.3 Os agentes alcalinizantes e seus efeitos	5
3. MATERIAL E MÉTODO	8
3.1 Hidrólise da cana-de-açúcar	8
3.2 Ensilagem da cana-de-açúcar	9
3.3 Análises das amostras	10
3.4 Tipo de cal	11
3.5 Análise estatística	12
4. RESULTADOS	12
4.1. Composição Químico-Bromatológica da cana-de-açúcar IAC 86-2480	12
4.2. Composição Bromatológica da cana-de-açúcar IAC 86-2480 <i>in natura</i> hidrolisada	13
4.2.1. Matéria Seca (MS)	13
4.2.2. Proteína Bruta (PB)	15
4.2.3. Fibra em Detergente Ácido (FDA)	16
4.2.4. Fibra em Detergente Neutro (FDN)	18
4.2.5. Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)	19
4.2.6. Lignina (LIG)	21
4.2.7. Matéria Mineral (MM)	23
4.2.8. Celulose (CEL)	25
4.2.9. Hemicelulose (HEM)	26
4.2.10. Extrato Etéreo (%EE)	28
4.2.11. Extrato não Nitrogenado (ENN)	29
4.2.12. Cálcio (Ca)	30
4.2.13. Fósforo (P)	32
4.2.14. pH	33
4.3. Composição Químico-Bromatológica da cana IAC 86-2480 não hidrolisada e ensilada	35
4.4. Composição Químico-Bromatológica da cana IAC 86-2480 hidrolisada com cal virgem e ensilada	36
4.4.1. Matéria Seca (MS)	36
4.4.2. Proteína Bruta (PB)	36
4.4.3. Fibra em Detergente Ácido (FDA)	37
4.4.4. Fibra em Detergente Neutro (FDN)	38
4.4.5. Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)	38
4.4.6. Lignina (LIG)	39
4.4.7. Celulose (CEL)	40
4.4.8. Hemicelulose (HEM)	41
4.4.9. Extrato Etéreo (EE)	41
4.4.10. Extrato Não Nitrogenado (ENN), Matéria Mineral (MM), Cálcio (Ca) e Fósforo (P)	42
4.5. Ácidos Graxos Voláteis (AGV) da cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de cal virgem	44
4.6. Nitrogênio Amoniacal (N-NH ³) e pH da cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de cal virgem	46

5. DISCUSSÃO	47
5.1. Composição Químico-Bromatológica da cana IAC 86-2480 <i>in natura</i>	47
5.2. Composição Bromatológica da cana IAC 86-2480 <i>in natura</i> hidrolisada com cal virgem	49
5.2.1 Matéria Seca (MS)	49
5.2.2 Proteína Bruta (PB)	50
5.2.3 Fibra em Detergente Ácido (FDA)	50
5.2.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN)	51
5.2.5 Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)	53
5.2.6 Lignina (LIG)	53
5.2.7 Matéria Mineral (MM)	54
5.2.8 Celulose (CEL)	55
5.2.9 Hemicelulose (HEM)	55
5.2.10 Extrato Etéreo (%EE)	56
5.2.11 Extrato não Nitrogenado (ENN)	57
5.2.12 Cálcio (Ca) e Fósforo (P)	57
5.2.13 pH	57
6. Composição Bromatológica da cana IAC 86-2480 natural e ensilada	58
7. Composição Bromatológica da cana IAC 86-2480 hidrolisada com cal virgem e ensilada	61
7.1 Matéria Seca (MS)	61
7.2 Proteína Bruta (PB)	62
7.3 Fibra em Detergente Ácido (FDA)	62
7.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN)	63
7.5 Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)	64
7.6 Lignina (LIG)	64
7.7 Celulose (CEL)	65
7.8 Hemicelulose (HEM)	65
7.9 Extrato Etéreo (EE)	66
7.10 Extrato Não Nitrogenado (ENN)	66
7.11 Matéria Mineral (MM)	66
7.12 Cálcio (Ca) e Fósforo (P)	67
7.13 Ácidos Graxos Voláteis (AGV)	67
7.14 Nitrogênio Amoniacal (N-NH ₃) e pH	69
8. CONCLUSÕES	71
9. IMPLICAÇÕES	71
10. REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, e a perspectiva é que a produção desta planta cresça a cada ano. A grande difusão dessa cultura para áreas tradicionais de pecuária tem sido fator de estímulo para o uso dessa forrageira na alimentação animal. Como vantagem da utilização da cana pode ser citada a grande produção por área, a facilidade de manejo do canavial quando comparado a outras culturas e o fato desta forrageira estar disponível para o consumo no momento de maior escassez de alimento, que é a época seca do ano. Como pontos negativos na utilização da cana-de-açúcar podem ser citados a dificuldade do corte diário e o consumo inferior dessa forragem comparada a outras forrageiras fornecidas no cocho, devido ao seu baixo teor de proteína e à baixa digestibilidade de sua fração fibrosa.

A ensilagem da cana-de-açúcar representa uma saída para minimizar as dificuldades geradas com o corte diário nas propriedades usuárias dessa forragem como principal fonte de alimento volumoso. No entanto, a literatura tem citado as possíveis perdas na qualidade da cana-de-açúcar quando a mesma é submetida à ensilagem sem a adição prévia de aditivos.

Além dos carboidratos não estruturais, a fração fibrosa da cana-de-açúcar representa uma fonte potencial de energia para ruminantes. Entretanto, seu uso é limitado devido à estrutura da parede celular, que limita a digestão microbiana no rúmen. Para tais alimentos que apresentam baixa taxa de digestão da fração fibrosa, a utilização de aditivos químicos constitui-se em alternativa para elevar o valor nutritivo. Dentre as substâncias mais utilizadas com esse objetivo estão os hidróxidos de sódio, de potássio e de amônia (REIS et al., 1995).

Recentemente foi divulgada a utilização da cal microprocessada (CaO) no tratamento da cana-de-açúcar com o intuito de manter as qualidades nutritivas deste volumoso por alguns dias sem a necessidade de cortes diários e melhorar a digestibilidade da sua porção fibrosa, de modo a aumentar o consumo por parte dos animais (SILVA et al., 2005). Resultados positivos também têm sido apresentados com relação à melhora da estabilidade aeróbia no pós abertura de silagens de cana

tratadas com cal, assim como sobre o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (BALIEIRO et al., 2005).

Segundo Galati et al. (2005c), a cal virgem microprocessada não é um agente químico perigoso e nem necessita de intensos cuidados no preparo, o que facilita e incentiva seu uso como hidrolisante alcalino.

Dentro do contexto apresentado, o presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito da hidrólise da cana-de-açúcar, natural e ensilada, com diferentes doses de cal virgem moída, bem como a resposta de diferentes tempos de hidrólise, sobre as características nutricionais e o perfil fermentativo deste alimento.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes

Um dos grandes problemas enfrentados pelos pecuaristas no período de entressafra é a escassez de forragens com a conseqüente falta de volumosos adequados em quantidade e qualidade, afetando o sistema de produção animal (AMARAL NETO et al., 2000). Isto tem estimulado os pesquisadores a estudarem as diferentes alternativas alimentares que supram esses problemas e minimizem o custo da alimentação (PINTO; PEREIRA; MIZUBUTI, 2003). Dentro desse contexto, a cana-de-açúcar tem sido disseminada por todo território nacional pelo fácil cultivo e grande produção de massa verde, facilitando a utilização na alimentação de bovinos na época da estação seca.

De acordo com Vilela et al. (2003), a cana-de-açúcar é insuperável em termos de produção de matéria seca e energia/ha, em um único corte. Nas condições de Brasil Central, a produção de cana integral fresca/ha/corte pode variar entre 60 e 120 toneladas, por um período de até cinco anos, tendo sua maior produção no primeiro ano. Esta forrageira mantém seu valor nutritivo durante os meses de inverno, sendo tradicionalmente fornecida fresca aos animais (PEDROSO et al., 2007), e permite bom desempenho dos mesmos quando corretamente suplementados com proteínas e minerais (BOIN; TEDESCHI, 1993).

Segundo DEMARCCHI (2001); OLIVEIRA et al. (2001); THIAGO e VIEIRA (2002) e NUSSIO et al. (2006), as limitações nutricionais dessa forrageira devem ser consideradas, visto que os baixos teores de proteína (com aminoácidos sulfurados limitantes), lipídios e minerais, especialmente o fósforo, a baixa digestibilidade da fibra, a ausência de amido e a presença de carboidratos de rápida fermentação resultam em menor consumo de matéria seca.

Tanto a cana-de-açúcar *in natura* quanto o bagaço de cana são materiais de alto teor lignocelulósico (REIS et al., 2008). Logo, a viabilidade de sua utilização requer o uso de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura de sua fração fibrosa, a fim de tornar essa forragem mais digestível e aproveitável.

2.2 Cana-de-açúcar Ensilada

A ensilagem da cana-de-açúcar, além de evitar as operações diárias de corte e transporte da cana, pode colaborar ainda para o aumento da produtividade e da vida útil dos canaviais pela maior eficiência nos cuidados pós-colheita, como capina e fertilização. Serve ainda para evitar a perda total da forragem em casos de incêndio ou de geadas (PEDROSO et al., 2007). O inconveniente é que, silagens de cana-de-açúcar apresentam intensa atividade de leveduras que convertem açúcares a etanol, dióxido de carbono e água, causando reduções de até 70% no teor de carboidratos solúveis, aumento nos componentes da parede celular e perdas de matéria seca (PEDROSO et al., 2005; SANTOS, 2007). De acordo com Pedroso (2003), essa perda de valor nutritivo durante a ensilagem, pode resultar em baixo consumo voluntário da forragem pelos animais.

São muitos os trabalhos desenvolvidos que ressaltam os inconvenientes desse perfil fermentativo basicamente alcoólico da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo (ROSSI JUNIOR e SCHOGOR, 2006; FERREIRA et al., 2007; PEDROSO et al., 2007; SCHMIDT et al., 2007b; SIQUEIRA et al., 2007a).

Tabela 1. Perfil fermentativo da cana-de-açúcar ensilada sem aditivos.

Ph abertura	CHOs ensilagem	Solúveis Abertura	% etanol	Ácido acético	Ácido lático	Fonte:
3,40	52,30	3,64	8,86	1,04	1,93	Alli e Backer (1982)
3,47	47,10	1,02	11,6	2,86	1,54	Alli et al. (1983)
3,52	ND	ND	7,5	1,5	5,62	Kung Jr. e Stanley (1982)

A composição da cana-de-açúcar favorece uma elevada produção de ácido acético e álcool, o ideal seria uma maior produção de ácido lático. A dinâmica do desenvolvimento de leveduras em silagens de cana foi estudada por Pedroso et al. (2007), que reportaram a maior população destes microorganismos no segundo dia após a ensilagem, e declínio até o 15º dia. Os autores identificaram este período como sendo de intensa fermentação alcoólica e de maiores perdas de MS devido à produção de gás, com uma diminuição de 25% na digestibilidade *in vitro* da MS da forragem e uma diminuição de 68% no teor de carboidratos solúveis. Segundo McDonald et al. (1991), essas leveduras são capazes de se desenvolver em um amplo intervalo de pH (variando de 3-8) e algumas podem sobreviver em pH abaixo de 2. Embora esse etanol possa ser aproveitável como substrato energético no rúmen, por meio da produção de acetato, grande parte dele é perdida com a exposição aeróbia e a estocagem da silagem (PEDROSO et al., 2005).

Rodrigues et al. (2001) sugeriram que é necessário selecionar para alimentação animal variedades de cana-de-açúcar com menor relação entre a fração fibrosa e açúcares solúveis (FDN/POL). Segundo Rodrigues et al. (2006), atualmente grande parte das novas variedades lançadas e testadas para este fim apresenta uma relação FDN/POL menor que 3,0. No que tange a maturidade fisiológica da planta, Fernandes et al. (2003) afirmam que variedades de cana com ciclo de produção intermediário obtêm melhor valor nutritivo do que as de ciclo precoce.

2.3 Os agentes alcalinizantes e seus efeitos

Os agentes alcalinizantes como o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), a amônia anidra (NH_3) e mais recentemente o óxido de cálcio (CaO) são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade das palhas e/ou resíduos agrícolas, como por exemplo o bagaço de cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2002), da cana-de-açúcar e de outras forrageiras. Atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovem o fenômeno conhecido como intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão dessas moléculas, causando a ruptura das ligações de pontes de hidrogênio, aumentando a digestão desta e da hemicelulose (JACKSON, 1977; CAVALI et al., 2006). Portanto o uso da cal virgem ou hidratada tem sido uma opção interessante como agente hidrolisante da cana-de-açúcar, pois tem viabilizado o uso da cana na alimentação de bovinos de forma econômica e mais segura.

Ezequiel et al. (2005) avaliaram o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar com NaOH sobre a digestibilidade total e o consumo de matéria seca (MS) em bovinos mestiços alimentados com cana *in natura* hidrolisada, hidrolisada fenada e hidrolisada ensilada, e observaram que o tratamento com NaOH melhorou a digestão da fibra da cana, proporcionando maior consumo de MS. Contudo, o uso do NaOH tem sofrido restrições, devido à possibilidade de contaminação do ambiente e do excesso de sódio na ração dos animais.

Segundo Moraes et al. (2006) a hidrólise da cana com 1% de óxido de cálcio na base da matéria natural não promoveu melhoria no consumo de MS e no ganho de peso médio diário de novilhas mestiças holandês-zebu. Em outra instância, Silva et al. (2005) avaliando o efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana sobre a digestibilidade ruminal *in vitro*, constataram que a hidrólise dessa forrageira por meio da cal micropulverizada melhorou a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (MS) e da fibra em detergente neutro (FDN), o que poderia melhorar o consumo de MS.

Oliveira et al. (2006a) trabalharam com cal hidratada e verificaram que a ação maior ou menor da cal sobre a digestibilidade *in vitro*, principalmente da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e hemicelulose, ocorre em função de vários fatores, dentre eles: a concentração do óxido de cálcio,

tamanho da partícula, quantidade utilizada na hidrólise, forma de aplicação, homogeneização da mistura, tempo de hidrólise, maturação e variedade da cana-de-açúcar, e outros.

O tratamento com CaO, especialmente nas maiores doses (1 e 1,5%) avaliadas por Santos et al. (2006), foi capaz de promover alteração nos componentes da parede celular da cana-de-açúcar e reduzir o desaparecimento de frações orgânicas solúveis. Aumentos nas doses de cal (a seco ou diluída em água) levaram à redução nos valores de hemicelulose, e com a dose de 1,5% houveram reduções significativas para a FDN.

Domingues et al. (2006) ressaltaram que a cal microprocessada mostrou-se eficaz no controle do crescimento de leveduras, não ocorrendo o mesmo para os fungos, e também promoveu aumento na estabilidade aeróbica da cana *in natura* tratada com o aditivo. Schmidt et al. (2007a) verificaram que os níveis crescentes de cal virgem aplicados causaram redução nos constituintes da parede celular da cana IAC 86-240 e aumento na digestibilidade *in vitro* das silagens.

Todas as variedades analisadas por Cavali et al. (2006) foram influenciadas pelos níveis de cal virgem nas silagens, excetuando-se os teores de lignina, proteína insolúvel em detergente neutro e carboidratos solúveis. Os autores ainda ressaltaram que o teor de MS das silagens aumentou linearmente com o aumento do nível de cal. A hemicelulose decresceu linearmente, o que pode ser explicado pela ação degradante dos álcalis sobre as ligações do tipo éster entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular, expondo dessa forma mais hemicelulose e celulose aos microorganismos ruminais, contribuindo para aumento na digestibilidade, conforme foi verificado no trabalho.

Diversos aditivos químicos têm sido avaliados visando a melhoria do processo de ensilagem da cana-de-açúcar. Dentre esses a uréia, o benzoato de sódio, o hidróxido de sódio (NaOH) e a cal têm sido os mais pesquisados e aplicados. Pesquisas realizadas por Siqueira et al. (2004a) e Andrade e Ferrari Jr. (2003) com silagens de cana tratadas com NaOH, apontaram que este aditivo alcalinizante reduziu a produção de etanol, a perda total de matéria seca, a produção de gás e de efluentes. De acordo com McDonald et al. (1991), o hidróxido de sódio é um aditivo muito utilizado para aumentar a digestibilidade de palhadas. Nieblas et al. (1982)

recomendaram a utilização do NaOH na ensilagem da cana-de-açúcar devido a este ser capaz de alterar a fermentação basicamente alcoólica para predominantemente láctica.

Pedroso (2003) constataram que os tratamentos com NaOH resultaram em silagens com teores de etanol semelhantes ao grupo controle e perdas totais de MS e produções de efluentes dentro dos níveis mais baixos observados no trabalho. Os autores também relataram que a adição do alcalinizante resultou na maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca, sendo que as que receberam maior dose obtiveram digestibilidade superior e menores valores de FDN, FDA e lignina, quando comparadas às que obtiveram menor dose. Também Lima (2003) constatou maior digestibilidade da fração FDN da cana-de-açúcar tratada com NaOH em relação à cana não tratada.

Decréscimo no teor de proteína e aumento no pH foram verificados com a adição de cal por Cavali et al. (2006). Os autores também constataram diminuição na produção de efluente e maior recuperação da MS. Segundo os autores a adição de 1,5% de óxido de cálcio promoveu menores perdas por gases e melhora no valor nutritivo das silagens. Amaral (2007) reportou que a adição da cal virgem no momento da ensilagem melhorou o padrão fermentativo e aumentou o pH das silagens. Balieiro Neto et al. (2005b) verificaram que tal aditivo melhorou a estabilidade aeróbia no pós-abertura dos silos.

Oliveira et al. (2006a) trabalhando com cal hidratada, notaram que o tempo de hidrólise não influenciou nas digestibilidades *in vitro* da matéria seca (MS), da fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA). Tal fato indicou que o efeito hidrolizante da cal ocorreu de forma intensa nas primeiras três horas de hidrólise. Segundo os autores a forma de aplicação do aditivo também não surtiu efeito significativo, o que é interessante, pois a aplicação da cal em pó é mais simples e de mais fácil manuseio, porém deve ser bem misturada com a cana-de-açúcar.

Também Santos et al. (2006) trabalhando com CaO não observaram influência do tempo de hidrólise nos teores de FDN e FDA da cana adicionada de doses mais altas de cal (1 e 1,5%). Os autores afirmam que o efeito da hidrólise ocorreu de imediato. Domingues et al. (2006) ao avaliar os efeitos das doses de cal

(CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a cana-de-açúcar *in natura*, constataram que os valores de pH eram elevados gradativamente à medida que se aumentava a dose de cal e diminuídos com o passar do tempo de hidrólise. Segundo os autores, as doses 0,5 e 1,0% mantiveram o pH no padrão alcalino até o tempo de 24 e 48 horas, respectivamente.

Os valores de pH das doses 1,5% e 2,0% foram semelhantes em todos os tempos, exceto no tempo 24 h.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 Hidrólise da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar utilizada foi a variedade IAC 86-2480 proveniente de um canavial da área rural de Uberlândia, Minas Gerais, com 12 meses de idade e no segundo corte. A cana foi cortada manualmente e levada até um galpão coberto localizado na Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) onde foi picada em picadeira estacionária para obtenção de partículas de um a dois centímetros, em seguida foram feitos quatro amontoados de cana picada de aproximadamente 30kg cada um (matéria natural). Os amontoados foram formados sobre piso de concreto coberto com lona plástica preta.

Cada amontoado foi tratado com uma dose diferente de cal virgem moída em pó (CaO): 0,0% (controle); 1,0%; 1,5% e 2,0% com base no peso verde da cana. A cal foi adicionada manualmente sobre o amontoado visando distribuição da mesma sobre toda a massa e imediatamente após tal adição foi feita a homogeneização da mistura. Foram colhidas três amostras de aproximadamente 1Kg de cada amontoado imediatamente após a adição da cal, para a avaliação do tempo 0 de hidrólise.



Avaliaram-se mais quatro tempos de hidrólise (6, 12, 24 e 48 horas). Para avaliação dos tempos foram retiradas novamente três amostras de 1Kg de peso de cada tratamento após 6, 12, 24 e 48 horas da adição da cal.

Todas as amostras retiradas eram acondicionadas em sacos plásticos e colocadas em um recipiente térmico acrescido de gelo e imediatamente enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, para se proceder as análises.

3.2 Ensilagem da cana-de-açúcar

Parte da quantidade da cana-de-açúcar não tratada (controle) e de cada tratamento proposto (1; 1,5 e 2% de cal) foi colhida imediatamente após a adição da cal e acondicionada em silos de laboratório, confeccionados de canos de PVC com capacidade para aproximadamente 3 Kg de cana. Os silos eram dotados de uma válvula de escape de gases localizada na tampa composta por um caninho de borracha. Após o acondicionamento nos silos a massa era uniformemente compactada visando à eliminação máxima de todo o oxigênio. Os silos foram então vedados com fita crepe e devidamente identificados conforme o tratamento. Foram feitas três repetições para cada tratamento, totalizando doze silos.



Os silos ficaram armazenados em um galpão coberto na Fazenda Experimental do Glória da Universidade Federal de Uberlândia, protegidos das intempetividades do meio. Após trinta dias de fermentação os silos foram abertos e de cada um colhidas duas amostras de aproximadamente 1 Kg de peso. Desprezou-se aproximadamente 10 cm da primeira camada da silagem a fim de evitar erros nas análises.

3.3 Análises das amostras

Cada amostra ensilada e não ensilada foi analisada para determinar o teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), matéria mineral (MM), extrato não nitrogenado (ENN), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), nutrientes digestíveis totais (NDT), cálcio (Ca), fósforo (P) e pH. Todas as análises referidas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

As amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas e foram moídas em moinho tipo martelo com peneira com crivos de 2 mm. Procedeu-se as análises de acordo com Silva (1990). O pH foi determinado com o aparelho Handylab 1. pH-meter (Schott Glaswerke Mainz) fabricado na Alemanha e com precisão de duas casas. Misturou-se a cana picada em água destilada e

colocou-se o aparelho, fazendo leitura direta. Para a PB foi utilizado o método Kjeldahl, para o EE o método Soxhlet, para FB o método Wendy, FDA e LIG o método do ácido sulfúrico, para o Ca foi realizada titulação pelo método Compleximétrico (EDTA) e para o P realizou-se a espectofotometria a MM foi obtida após incineração em mufla. O ENN foi calculado pela fórmula $ENN = 100 - (PB + EE + MM + FB)$ e o NDT pela fórmula $NDT = (1,15 \times PB) + (1,75 \times EE) + (0,45 \times FB) + 0,0082 \times (ENN)^2 + 0,25 \times ENN - 3,4$.

Nas amostras de silagens foram também avaliados os teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), ácidos graxos voláteis (AGV) e lactato. Estas análises foram realizadas pelo Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Para determinação dos ácidos foi utilizada a cromatografia gasosa, utilizando o aparelho SHIMADZER GC-17A, COLUNA NUKOL 15m X 0,52mm. O nitrogênio amoniacal foi estimado através da técnica de destilação de óxido de magnésio e cloreto de cálcio, descrita pela AOC (1995).

3.4 Tipo de cal

O produto utilizado para a hidrólise da cana-de-açúcar foi Cal Virgem Moída Cisne Calcítica Micronizada fornecido por Calcinação Nossa Senhora da Guia Ltda., Arcos - MG e o transporte do produto foi realizado por Calfertil Transportes e Representações, Uberlândia – MG. A análise físico-química da cal está representada no Quadro 1.

Quadro 1 – Composição físico-química da cal virgem moída não hidratada.

CaO	93,39%
MgO	00,76%
CaO Disp.	92,90%
PPC	01,80%
CaCO ₃	05,00%
Fe ₂ O ₃	00,05%
Al ₂ O ₃	00,22%
SiO ₂	01,00%
Reatividade 1 MIN	98,5°C

3.5 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado para análise da cana-de-açúcar hidrolisada ensilada e o delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas para análise da cana-de-açúcar natural hidrolisada. Todos com três repetições para cada tratamento. As análises estatísticas e de variância foram processadas e analisadas utilizando-se o programa Sisvar descrito por Ferreira (2000) e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey com nível de 5% de significância. Foram determinadas equações de regressão para os valores das variáveis cujo teste de comparação de médias foi significativo.

4. RESULTADOS

4.1. Composição Químico-Bromatológica da cana-de-açúcar IAC 86-2480

A Tabela 2 apresenta os valores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), lignina (LIG), celulose (CEL), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada variedade IAC 86-2480 não hidrolisada (controle) utilizada no presente experimento.

Tabela 2. Médias dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), lignina (LIG), celulose (CEL), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada variedade IAC 86-2480

cana	MS**	PB*	LIG*	CEL*	FDN*	FDA*	HEM*	NDT*
<i>In natura</i>	37,0 b	2,75 b	9,18 b	26,87 a	60,56 a	35,48 a	25,08 a	67,5 a
ensilada	24,85 a	2,2 a	7,58 a	30,3 b	60,05 a	33,25 a	26,8 a	62,64 a

Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

** porcentagem da matéria verde

* porcentagem da matéria seca

Pode-se observar que os valores de MS, PB e LIG reduziram ($p < 0,05$) com o processo de ensilagem da cana-de-açúcar estudada, porém a CEL aumentou. Os valores de FDN, FDA, HEM e NDT não foram significativamente ($p > 0,05$) diferentes entre os grupos.

Na Tabela 3 estão apresentados os níveis médios de extrato etéreo (EE), extrato não nitrogenado (ENN), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P) e pH das amostras de cana *in natura* e ensilada. As variáveis EE e ENN não sofreram alterações significativas ($p > 0,05$) com a ensilagem da cana. A MM e o P aumentaram, o Ca e o pH diminuíram ($p < 0,05$) no grupo ensilado.

Tabela 3. Valores médios de extrato etéreo (EE), extrato não nitrogenado (ENN), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P) e pH da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480

cana	EE*	ENN*	MM*	Ca*	P*	pH
<i>In natura</i>	1,15 a	67,08 a	2,24 a	0,38 b	0,05 a	6,11 b
ensilada	1,08 a	64,67 a	4,15 b	0,22 a	0,11 b	3,72 a

Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

* porcentagem na matéria seca

4.2. Composição Bromatológica da cana-de-açúcar IAC 86-2480 *in natura* hidrolisada

4.2.1. Matéria Seca (MS)

A adição de cal, em diferentes níveis, não surtiu efeito significativo no teor de MS das amostras avaliadas, exceto no tratamento com 2% de cal nos tempos 0 e 12 horas de hidrólise e com 1 e 1,5% de cal nos tempos 24 e 48h de hidrólise (Tabela 4).

Os valores de MS dos grupos hidrolisados com 1 e 1,5% de cal não diferiram ($p > 0,05$). O grupo tratado com 2% de cal apresentou os maiores valores de MS com 12 e 48 horas de hidrólise. Com relação ao tempo de hidrólise, pôde-se constatar

pequena variação entre os mesmos. As maiores médias de MS foram encontradas principalmente nos tempos 24 e 48h.

Tabela 4. Valores médios de matéria seca (MS) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	37,0 aB*	37,0 aA*	37,0 aA*	37,0 aA*	37,0 aA*
1	35,61 aB	36,84 aA	36,74 aA	40,02 bB	38,25 bA
1,5	36,01 aB	38,32 bA	37,52 abA	41,59 cB	37,23 abA
2	35,3 aA	37,1 aA	41,48 bB	40,72 bB	39,53 bB

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

* valor referente ao grupo testemunha

Tabela 5. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de detenção (r^2) para variável MS nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	NS	NS	NS
Tempo 6 h	NS	NS	NS
Tempo 12 h	NS	NS	NS
Tempo 24 h	$37,47+2,1X$	6,04	0,2672
Tempo 48 h	NS	NS	NS
0% de Cal	NS	NS	NS
1% de Cal	NS	NS	NS
1,5% de Cal	NS	NS	NS
2% de Cal	$35,48+0,44X-0,07X^2$	6,09	0,4067

NS : não significativo; X: nível de cal ou tempo de hidrólise.

Apenas observou-se equação de regressão para a variável mencionada nos tratamentos com 24 horas após hidrólise e com acréscimo de 2% de cal (Tabela 5).

4.2.2. Proteína Bruta (PB)

Na Tabela 6 observa-se que os menores teores de PB foram encontrados no tempo de 48 horas após hidrólise. Entre os tempos 0, 6, 12 e 24h não houve diferença ($p>0,05$), independente do nível de cal virgem analisado. Mas os valores de PB nos tempos 0, 6 e 12 foram estatisticamente menores que os encontrados no tempo 48 com qualquer nível de cal, exceto o tempo 24h com 1,5% de cal e os tempos 6 e 12h com 2% de cal.

Tabela 6. Valores médios de proteína bruta (PB) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	2,75 aB*	2,75 aB*	2,75 aC*	2,75 aB*	2,75 aB*
1	2,44 bAB	2,4 bAB	2,45 bBC	2,28 abA	1,9 aA
1,5	2,38 bAB	2,28 bA	2,32 bAB	2,2 abA	1,85 aA
2	2,35 bA	2,1 abA	2,04 abA	2,15 bA	1,73 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

* valor referente ao grupo testemunha

Dentro do tempo zero, houve diferença ($p<0,05$) apenas entre o grupo testemunha (2,75%PB) e o grupo com 2% de cal (2,35%PB). Nos tempos 6 e 12, também foram obtidos valores estatisticamente menores nos tratamentos com 1,5 e 2% de aditivo, em comparação ao testemunha. Sendo que neste último tempo também houve diferença estatística entre os grupos 1 e 2%.

O valor de PB do grupo testemunha foi significativamente superior ($p<0,05$) a todos os valores encontrados após 24 e 48 horas de hidrólise, independente do nível de cal adicionado. Porém, dentro desses tempos não se observou diferença estatística entre os níveis de cal utilizados.

Tabela 7. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável PB nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	2,71-0,20X	7,95	0,3580
Tempo 6 h	2,74-0,32X	9,92	0,5018
Tempo 12 h	2,77-0,34X	8,72	0,6005
Tempo 24 h	2,69-0,31X	9,00	0,5401
Tempo 48 h	2,74-1,08X+0,29X ²	7,42	0,8806
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	2,50-0,01X	8,27	0,5210
1,5% de Cal	2,40-0,01X	8,72	0,4694
2% de Cal	2,26-0,01X	11,16	0,3543

NS: não significativo.

De acordo com a Tabela 7, na maioria dos tratamentos a PB apresentou um comportamento linear, com exceção do tratamento avaliado após 48 h de hidrólise, o qual apresentou uma função quadrática, e do grupo com 0% de cal, o qual não apresentou uma equação de regressão significativa.

4.2.3. Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Houve diferença estatística entre as médias de fibra em detergente ácido (FDA) da cana *in natura* não hidrolisada (testemunha) e da hidrolisada com cal (Tabela 8). Em todos os tempos houve uma redução ($p < 0,05$) da FDA do grupo em que foi adicionado cal quando comparado ao grupo que não recebeu a cal. Porém, não foi detectada diferença entre as doses de cal aplicadas, independente do tempo de hidrólise avaliado.

Tabela 8. Médias para fibra em detergente ácido (FDA) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO (h)				
	0	6	12	24	48
0	35,48 aB*	35,48 aB*	35,48 aB*	35,48 aB*	35,48aB*
1	28,5 cA	24,65 bA	24,57 bA	22,64 aA	23,6 abA
1,5	28,54 cA	24,24 bA	23,9 bA	22,08 aA	22,54 abA
2	28,15 cA	23,89 bA	23,75 bA	21,72 aA	22,32 abA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

* valor referente ao grupo testemunha

Tabela 9. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável FDA nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	$35,4-9,38X+2,93X^2$	3,69	0,8887
Tempo 6 h	$35,39-14,79X+4,59X^2$	4,17	0,9522
Tempo 12 h	$35,41-15,08X+4,68X^2$	4,37	0,9500
Tempo 24 h	$35,48-26,21X+17,08X^2-3,71X^3$	4,51	0,9647
Tempo 48 h	$35,41-16,39X+4,97X^2$	4,40	0,9616
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	$27,84-0,37X+0,005X^2$	4,53	0,7430
1,5% de Cal	$27,74-0,4X+0,006X^2$	4,63	0,7945
2% de Cal	$27,38+0,006X$	4,96	0,7675

NS: não significativo

Os menores valores de FDA foram obtidos após 24 horas de hidrólise e os maiores foram encontrados imediatamente após a hidrólise (tempo 0h). Isso ocorreu em todos os níveis de aditivo.

Quando se acrescentou cal à cana, observou-se que a tendência dos valores foi diminuir com o transcorrer do tempo de hidrólise. Sendo que o tempo 0h teve valores estatisticamente maiores em relação aos demais tempos, com qualquer porcentagem de cal.

Com os níveis de cal estudados (1; 1,5 ou 2%), os tempos 6, 12, e 48 horas não tiveram diferença significativa entre si. O mesmo ocorreu entre os tempos 24 e 48h.

A FDA apresentou, na maioria dos tratamentos estudados, um comportamento quadrático, exceto no tempo 24 h, cuja equação de regressão foi cúbica, na adição de 2% de cal, cuja equação foi linear e na adição de 0% de cal, cuja estatística de regressão não foi significativa.

4.2.4. Fibra em Detergente Neutro (FDN)

Os valores de FDN também foram reduzidos com a hidrólise da cana-de-açúcar. Não houve diferença ($p>0,05$) entre os níveis de cal empregados (1; 1,5 e 2%) dentro de cada tempo de hidrólise proposto (Tabela 10). Os menores valores foram encontrados nos tempos de 24 e 48 horas após a adição da cal e os maiores foram detectados no grupo testemunha e no grupo que foi analisado imediatamente após a hidrólise (tempo 0).

Tabela 10. Médias para fibra em detergente neutro (FDN) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO (h)				
	0	6	12	24	48
0	60,56 aB	60,56 aB	60,56 aB	60,56 aB	60,56 aB
1	56,85 dA	48,76 cA	45,56 bA	43,06 abA	41,58 aA
1,5	55,48 dA	48,22 cA	45,16 bcA	42,87 abA	41,13 aA
2	54,47 dA	48,0 cA	45,02 bcA	42,1 abA	40,82 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

Em todas as porcentagens de cal, os tempos 24 e 48 horas não diferiram ($p>0,05$). Ocorrendo o mesmo entre os tempos 12 e 24h.

Com 1% de cal, os tempos 0 e 6 horas diferiram estatisticamente ($p<0,05$) dos demais tempos. Com 1,5 e 2% de cal o tempo 6h não se diferenciou ($p>0,05$) do

tempo 12h, porém o tempo 0 se manteve diferente dos demais. Os tempos 12 e 24 horas foram iguais nos três níveis de cal empregados.

Tabela 11. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável FDN nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	60,32-3,09X	2,40	0,7481
Tempo 6 h	60,47-16,25X+5,07X ²	2,63	0,9429
Tempo 12 h	60,44-20,77X+6,62X ²	2,76	0,9626
Tempo 24 h	60,39-23,71X+7,41X ²	3,49	0,9595
Tempo 48 h	60,56-39,86X+26,77X ² -5,89X ³	2,57	0,9820
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	56,68-1,55X+0,05X ² -0,0006X ³	2,87	0,9442
1,5% de Cal	55,35-1,4X+0,05X ² -0,0005X ³	2,94	0,9344
2% de Cal	54,35-1,22X+0,04X ² -0,0004X ³	2,21	0,9604

NS: não significativo.

De acordo com a Tabela 11, com o tempo 0 de hidrólise, a FDN apresentou uma equação de regressão linear, com os tempos 6, 12 e 24 h, a FDN apresentou equação de regressão quadrática, e no tratamento sem adição de cal, a estatística de regressão não foi significativa.

4.2.5. Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)

Em todos os tempos de hidrólise, exceto no tempo 0, os níveis de cal avaliados não surtiram efeito significativo ($p>0,05$) sobre o NDT (Tabela 12). No tempo 0h, o grupo testemunha (67,5% NDT) obteve valor estatisticamente maior ($p<0,05$) que o grupo tratado com 2% de cal (57,33%). Nos demais tempos propostos não se observou diferença.

Tabela 12. Médias para nutrientes digestíveis totais (NDT) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	67,5 aB	67,5 aA	67,5 aA	67,5 aA	67,5 aA
1	64,85 aB	66,17 aA	68,9 aA	67,5 aA	67,6 aA
1,5	62,66 aAB	64,61 abA	69,8 bA	64,9 abA	65,87 abA
2	57,33 aA	62,32 abA	66,1 bA	62,28 abA	64,42 bA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

Tabela 13. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável NDT nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	NS	-	-
Tempo 6 h	NS	-	-
Tempo 12 h	NS	-	-
Tempo 24 h	$37,47+2,1X$	6,04	0,2672
Tempo 48 h	NS	-	-
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	NS	-	-
1,5% de Cal	NS	-	-
2% de Cal	$35,48+0,44X-0,07X^2$	6,09	0,4067

NS: não significativo.

Com 1% de cal, os tempos não demonstraram diferença significativa entre si. Quando se acrescentou 1,5%, apenas os tempos 0 e 12h diferiram estatisticamente, apresentando 62,66 e 69,8% de NDT, respectivamente. Já no grupo com 2% de cal, houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os tempos 0 e 12 e 0 e 48h, enquanto os demais tempos com o mesmo tratamento não diferiram entre si.

A maioria dos tratamentos apresentou estatística de regressão para a variável NDT não significativa, apenas no tempo 24 horas e na adição de 2% de cal observou-se equação de regressão estatisticamente significativa (Tabela 13).

4.2.6. Lignina (LIG)

Observa-se na Tabela 14 que houve uma redução ($p < 0,05$) nos teores de LIG da cana hidrolisada em relação à cana não hidrolisada. Tal redução chega a 45% quando se compara o grupo testemunha (9,18% LIG) ao grupo hidrolisado com 2% de cal no tempo de 48 horas (5,04% LIG). O grupo testemunha não diferiu ($p > 0,05$) dos grupos avaliados imediatamente (tempo 0) e 6h após hidrólise, independente da quantidade de aditivo utilizada.

Os menores valores de LIG foram encontrados no tempo 48 horas de hidrólise (5,48; 5,28 e 5,04%LIG), não havendo influência ($p > 0,05$) da quantidade de cal utilizada para tal. Os maiores valores foram os do grupo testemunha e do grupo analisado imediatamente após a adição da cal (tempo 0). Nesse tempo também não houve diferença significativa entre os níveis de cal estudados.

Tabela 14. Médias para a lignina (LIG) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	9,18 aA	9,18 aA	9,18 aC	9,18 aC	9,18 aB
1	9,25 cA	7,75 bA	7,15 bB	6,78 bB	5,48 aA
1,5	9,15 cA	7,48 bA	7,04 bB	6,67 bB	5,28 aA
2	9,01 cA	7,62 bA	6,0 aA	5,6 aA	5,04 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

O tempo 0h obteve valores estatisticamente iguais aos demonstrados pelo grupo testemunha em todas as porcentagens de cal avaliadas e apresentou médias significativamente maiores ($p < 0,05$) que os demais tempos estudados, em todos os

níveis de cal. Os tempos 6, 12 e 24 horas não apresentaram médias estatisticamente diferentes com a adição de 1 e 1,5% de cal. Quando se adicionou 2%, os tempos 12 e 24 foram estatisticamente iguais, porém ambos diferiram do tempo 6h.

Após 48 horas de hidrólise, independente da quantidade de cal usada, todos os teores de LIG se mostraram inferiores aos obtidos nos demais tratamentos, exceto com 2% de cal, no qual os valores do tempo 48h foram considerados estatisticamente iguais aos dos tempos 12 e 24 horas.

Os valores de LIG diminuíram com o aumento da porcentagem de cal e do tempo de hidrólise. Sendo que a maior redução ficou explícita com um tempo de 48 horas após o uso do aditivo.

Determinou-se equação de regressão para a variável, e apenas foi identificada estatística significativa para os tratamentos tempo 24 h, cuja equação foi linear, e adição de 2% de cal, cuja equação foi quadrática (Tabela 15).

Tabela 15. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável LIG nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	NS	-	-
Tempo 6 h	NS	-	-
Tempo 12 h	NS	-	-
Tempo 24 h	$37,47+2,1X$	6,04	0,2672
Tempo 48 h	NS	-	-
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	NS	-	-
1,5% de Cal	NS	-	-
2% de Cal	$35,48+0,44X-0,07X^2$	6,09	0,4067

4.2.7. Matéria Mineral (MM)

Com a adição de cal, as médias de matéria mineral (MM) da cana-de-açúcar aumentaram em função do nível de aditivo utilizado, em todos os tempos de hidrólise propostos (Tabela 16).

Independente do tempo de hidrólise avaliado, a MM cresceu conforme se adicionava maior quantidade de cal virgem. Assim, os valores obtidos nos grupos com 2% de aditivo foram estatisticamente maiores ($p < 0,05$) que aqueles obtidos com 0; 1 e 1,5%. E os valores obtidos com 1,5% foram por sua vez, significativamente maiores ($p < 0,05$) que aqueles encontrados no grupo com 1% de cal e no grupo testemunha.

Os valores de MM aumentaram cerca de 500%, passando de 2,24 no grupo testemunha para 13,11 no grupo com 2% de cal e tempo de hidrólise igual a 0. Dentre os tempos de hidrólise, o tempo de 12 horas foi o que apresentou os menores valores de MM, sendo tais médias estatisticamente menores ($p < 0,05$) que as encontradas pelos demais tempos em todos os níveis de cal avaliados.

Tabela 16. Valores médios de matéria mineral (MM) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	2,24 aA	2,24 aA	2,24 Aa	2,24 aA	2,24 aA
1	6,34 bB	7,31 cB	5,65 aB	7,22 cB	7,2 cB
1,5	8,49 bC	8,74 bcC	6,54 Ac	9,22 cC	9,2 cC
2	13,11 dD	10,7 bcD	9,3 Ad	10,92 cD	10,33 bD

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

Quando se adicionou 1% de cal, os tempos 6, 24 e 48 não diferiram estatisticamente entre si, porém todos eles foram estatisticamente diferentes dos tempos 0 e 12. Com 1,5% de aditivo, os tempos 6, 24 e 48 horas não foram significativamente distintos, assim como ocorreu com os tempo 0 e 6h. No entanto, todos os tempos mencionados foram estatisticamente diferentes do tempo 12. Com

o uso de 2% de cal, os tempos 6 e 24, e 6 e 48 horas não foram significativamente diferentes. Contudo os três tempos mencionados diferiram dos tempos 0 e 12 horas.

Os teores de matéria mineral aumentaram conforme se adicionou maior quantidade de cal à cana tratada no experimento. Dentro de cada tempo de hidrólise avaliado obtém-se valores de MM estatisticamente maiores ($p < 0,05$), com o aumento da porcentagem de aditivo. Para os tempos 6, 12, 24 e 48 horas após hidrólise obteve-se 10,7; 9,3; 10,92 e 10,33 como maiores valores de MM, respectivamente, todos com adição de 2% de cal.

Analisando cada nível de cal separadamente, denota-se que os tempos de hidrólise 0 e 12 h , e 6, 24 e 48 h foram os que demonstraram maior e menor diferença estatística entre si, respectivamente. Os tratamentos com diferentes níveis de aditivos surtiram maior efeito significativo ($p < 0,05$) do que os tempos de hidrólise estudados.

Tabela 17. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável MM nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	$2,24+7,57X-5,9X^2+2,4X^3$	4,40	0,99
Tempo 6 h	$2,24+8,44x-4,64x^2+1,26x^3$	3,59	0,99
Tempo 12 h	$2,24+8,12x-7,12x^2+2,41x^3$	3,48	0,99
Tempo 24 h	$2,24+5,61x-0,63x^2$	2,31	0,99
Tempo 48 h	$2,22+6,05x-0,99x^2$	4,08	0,99
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	NS	-	-
1,5% de Cal	$8,85-0,31X+0,02X^2-0,0003X^3$	10,05	0,35
2% de Cal	$3,19-0,64X+0,03X^2-0,0004X^3$	2,89	0,94

NS: não significativo.

A estatística de regressão obtida, mostrou que na maioria dos tratamentos o comportamento da variável foi cúbico, com exceção dos tempos de hidrólise 24 e 48

h onde a regressão foi quadrática, e das concentrações 0 e 1% de cal onde a regressão não foi significativa (Tabela 17).

4.2.8. Celulose (CEL)

A variação para a CEL foi pequena, a maior diferença detectada foi entre o grupo testemunha (26,87% CEL) e o grupo do tempo 48 horas de hidrólise, que obteve 23,54; 23,04 e 22,78% CEL com adição de 1; 1,5 e 2% de cal, respectivamente.

Na tabela 18 nota-se que apenas os valores de CEL obtidos nos tempos 24 e 48 tiveram diferença significativa ($p < 0,05$) dos teores de CEL obtidos pelo grupo testemunha, sendo que no tempo 24 também não houve diferença relevante entre a testemunha e a adição de 1% de cal.

Em todos os tempos de hidrólise não houve diferença estatística entre os níveis de cal usados, ou seja, os teores de CEL foram estatisticamente iguais independente das quantidades de cal adicionadas (1; 1,5 ou 2%).

Tabela 18. Teores médios de celulose (%CEL) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	26,87 aA	26,87 aA	26,87 aA	26,87 aB	26,87 aB
1	26,67 bA	26,0 abA	25,14 abA	24,8 abAB	23,54 aA
1,5	26,5 bA	25,54 abA	25,05 abA	24,24 abA	23,04 aA
2	26,04 bA	25,56 bA	25,0 abA	24,04 abA	22,78 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

Apenas os tempos 0 e 48 diferiram significativamente entre si, tal diferença foi encontrada em todas as percentagens de cal. No entanto, os tempos 6, 12 e 24, não diferiram significativamente entre si, independente do nível de cal analisado.

Tabela 19. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável CEL nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	NS	-	-
Tempo 6 h	NS	-	-
Tempo 12 h	26,6-0,96X	3,94	0,31
Tempo 24 h	26,63-1,46X	4,25	0,51
Tempo 48 h	26,42-2,10X	5,77	0,56
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	26,33-0,06X	3,67	0,55
1,5% de Cal	26,09-0,07X	4,58	0,50
2% de Cal	25,90-0,07X	4,81	0,48

NS: não significativo.

A quantidade de CEL teve um comportamento linear (Tabela 19), tendendo a diminuir com a adição de cal e com o decorrer do tempo de hidrólise. Porém o único tempo de hidrólise que surtiu efeito significativo ($p < 0,05$) foi o tempo 48 horas, em todos os níveis de aditivo estudados.

4.2.9. Hemicelulose (HEM)

Na Tabela 20 estão apresentados os valores de hemicelulose (HEM) obtidos com o estudo. Observa-se que nos tempos 0, 6 e 12 horas, não houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre a cana não hidrolisa e a cana hidrolisada com qualquer nível de cal. Já nos tempos 24 e 48h, essa diferença foi verificada. Todavia, em todos os tempos de hidrólise propostos no trabalho, não foi verificado efeito significativo na %HEM entre os níveis de cal estudados (1; 1,5 e 2%).

Independente da quantidade de cal, 1; 1,5 ou 2%, os tempos 0 e 6 horas não foram estatisticamente diferentes entre si, assim como 6, 12 e 24; e 12, 24 e 48 horas também não. Apenas foi observada diferença significativa entre os tempos 0 e 48 e 6 e 48h.

Tabela 20. Teores médios de hemicelulose (%HEM) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	25,08 aA	25,08 aA	25,08 aA	25,08 aB	25,08 aB
1	28,35 cA	24,11 bcA	20,99 abA	20,42 abA	17,98 aA
1,5	26,94 cA	23,98 bcA	21,26 abA	20,79 abA	18,59 aA
2	26,32 cA	24,11 bcA	21,27 abA	20,38 abA	18,5 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

Tabela 21. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável HEM nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	NS	-	-
Tempo 6 h	NS	-	-
Tempo 12 h	24,34-1,94X	9,37	0,30
Tempo 24 h	24,31-2,35X	9,70	0,39
Tempo 48 h	24,98-9,77X+3,34X ²	10,35	0,65
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	27,46-0,5X+0,006X ²	10,55	0,68
1,5% de Cal	26,35-0,38X+0,005X ²	6,86	0,77
2% de Cal	26,05-0,37X+0,004X ²	7,90	0,71

NS: não significativo

Na tabela 21 estão apresentadas as equações de regressão para a variável em todos os tratamentos. Na maioria deles a equação foi quadrática, exceto nos tempos 12 e 24 h, cuja equação foi linear, e nos tempos 0 e 6 h e na adição de 0% de cal, onde a estatística de regressão foi não significativa.

4.2.10. Extrato Etéreo (%EE)

Na Tabela 22, onde estão apresentados os valores de EE verificados no estudo, é visto que os mesmos não variaram grandemente. Tanto que nos tempos 0, 6, 12 e 48h, não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre as porcentagens de cal utilizadas (1; 1,5 e 2%). A única diferença foi entre 1 e 1,5% de cal com um tempo de hidrólise de 24 horas. Porém em todos os protocolos houve diferença significativa ($p < 0,05$) na %EE entre o grupo testemunha e os grupos com adição de cal.

Tabela 22. Teores médios de extrato etéreo (%EE) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	1,15 aB	1,15 aB	1,15 aB	1,15 aC	1,15 aB
1	0,98 aA	0,94 aA	0,87 aA	0,96 aB	0,96 aA
1,5	0,95 bA	0,88 abA	0,93 abA	0,78 aA	0,9 abA
2	0,89 aA	0,89 aA	0,99 aA	0,83 aAB	0,94 aA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

Segundo os dados, com 1% e 2% de cal os tempos de hidrólise não surtiram efeito significativo ($p > 0,05$) na quantidade de EE. Com 1,5% os tempos 0 e 24 horas diferiram.

Para a análise de regressão (Tabela 23), apenas os tempos de hidrólise demonstraram estatística significativa. Os tempos 0, 6 e 24 h, obtiveram equações lineares e os tempos 12 e 48 h, obtiveram equações quadráticas.

Tabela 23. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável EE nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	1,14-0,13X	6,46	0,69
Tempo 6 h	1,12-0,14X	8,00	0,64
Tempo 12 h	1,15-0,44X+0,18X ²	10,31	0,48
Tempo 24 h	1,13-0,18X	9,76	0,69
Tempo 48 h	1,15-0,3X+0,09X ²	5,95	0,73
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	NS	-	-
1,5% de Cal	NS	-	-
2% de Cal	NS	-	-

NS: não significativo.

4.2.11. Extrato não Nitrogenado (ENN)

Assim como o EE, o extrato não nitrogenado (ENN) também variou muito pouco. Sendo que, conforme os dados apresentados na Tabela 24, a hidrólise com cal não surtiu efeito significativo ($p>0,05$) nos teores de ENN, uma vez que não foi verificada diferença ($p>0,05$) entre o grupo testemunha e os demais protocolos estudados. Também não houve efeito significativo no que se diz respeito à quantidade de aditivo utilizada.

A única alteração foi verificada com 2% de cal e entre os tempos 0 e 48 horas de hidrólise, onde o ENN sobe de 61,64 para 68,86%, respectivamente.

A análise estatística de regressão para esta variável foi não significativa no presente estudo, exceto para o tratamento com 2% de cal que apresentou uma equação de regressão linear ($64,40+0,12X$) com baixo coeficiente de variação (4,70%) e baixo coeficiente de determinação (0,27%).

Tabela 24. Teores médios de extrato não nitrogenado (%ENN) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	67,08 aA*	67,08 aA*	67,08 aA*	67,08 aA*	67,08 aA*
1	66,7 aA	68,71 aA	70,88 aA	70,15 aA	70,5 aA
1,5	65,38 aA	67,88 aA	68,85 aA	68,65 aA	69,77 aA
2	61,64 aA	66,44 abA	66,90 abA	66,90 abA	68,86 bA

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

4.2.12. Cálcio (Ca)

Os valores de cálcio (Ca) das amostras variaram devido à quantidade de Ca contida na cal virgem (CaO). A menor quantidade de Ca foi encontrada no grupo testemunha (cana sem cal), comportamento já esperado.

De acordo com a Tabela 25, os teores de Ca tenderam a aumentar suavemente com o passar do tempo de hidrólise. O tempo 0 diferiu estatisticamente dos demais tempos e apresentou os menores valores de Ca, em qualquer nível de cal acrescentado. O valor obtido com adição de 2% de cal neste tempo 0 (0,5% Ca), foi estatisticamente maior ($p < 0,05$) que os obtidos nos níveis 1 e 1,5% (0,4 e 0,42%, respectivamente).

Tabela 25. Teores médios de cálcio (Ca) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	0,38 aA	0,38 aA	0,38 aA	0,38 aA	0,38 aA
1	0,4 aA	0,52 bB	0,54 bcB	0,56 bcB	0,57 cB
1,5	0,42 aA	0,55 bB	0,55 bB	0,58 bB	0,59 bBC
2	0,5 aB	0,56 bB	0,57 bB	0,59 cbB	0,63 cC

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

Apenas no tempo 0, o grupo testemunha (cana não hidrolisada) foi estatisticamente igual aos grupos com adição de 1 e 1,5% de cal. Nos demais tempos a cana não hidrolisada apresentou valor de Ca significativamente menor quando comparada à cana hidrolisada com 1; 1,5 ou 2% de cal.

Nos tempos 6, 12 e 24h os teores de Ca não foram estatisticamente diferentes entre os grupos com 1; 1,5 ou 2% de cal. Já no tempo 48, houve uma pequena variação e o grupo com 1% teve um valor de Ca menor ($p < 0,05$) que o grupo com 2% de cal.

Tabela 26. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável Ca nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	$0,36+0,05X$	6,30	0,69
Tempo 6 h	$0,38+0,19X-0,049X^2$	3,87	0,93
Tempo 12 h	$0,38+0,2X-0,057X^2$	4,88	0,90
Tempo 24 h	$0,38+0,24X-0,07X^2$	4,16	0,94
Tempo 48 h	$0,38+0,23X-0,055X^2$	5,07	0,92
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	$0,4+0,02X-0,0009X^2+0,00001X^3$	4,58	0,87
1,5% de Cal	$0,42+0,0209X-0,0009X^2+0,00001X^3$	6,00	0,77
2% de Cal	$0,53+0,002X$	4,79	0,67

Na Tabela 26 estão representadas as equações de regressão para a variável cálcio em todos os tratamentos estudados; apenas no tratamento com 0% de cal não se obteve regressão significativa.

4.2.13. Fósforo (P)

Os teores médios de fósforo (P) estão apresentados na Tabela 27. Os valores foram crescentes conforme se adicionava maior quantidade de cal. Em todos os tempos avaliados o grupo testemunha teve valor de fósforo estatisticamente menor ($p < 0,05$) quando comparado aos grupos tratados com cal.

Dentro dos tempos 0 e 6 horas, o P contido no grupo com 2% de aditivo foi significativamente maior que o contido no grupo com 1,5% e o contido no grupo com 1,5% foi maior que o contido no grupo com 1%. Dentro do tempo 12, as porcentagens de 1,5 e 2% não foram diferentes ($p > 0,05$) e dentro dos tempos 24 e 48, as porcentagens 1 e 1,5% não foram diferentes.

Tabela 27. Teores médios de fósforo (P) em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	0,05 aA*	0,05 aA*	0,05 aA*	0,05 aA*	0,05 aA*
1	0,1 aB	0,13 bB	0,15 bcB	0,16 cB	0,15 bcB
1,5	0,15 aC	0,17 aC	0,16 aBC	0,16 aB	0,17 aB
2	0,2 abD	0,25 cD	0,18 aC	0,19 abC	0,21 bC

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%)

Com 1% de aditivo, o tempo 0 se diferenciou significativamente ($p < 0,05$) de todos os outros tempos e o tempo 6 obteve valor de P menor que aquele obtido no tempo 24 horas. Entretanto, os demais tempos não diferiram entre si.

Com 1,5% de cal, os tempos de hidrólise não surtiram diferença nos valores de P encontrados e com 2%, o tempo 0 foi estatisticamente menor que o tempo 6.

Não houve regressão significativa para os tratamentos com 0; 1,5 e 2% de cal, os demais tratamentos apresentaram equação de regressão significativa, as mesmas estão apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável P nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	0,04+0,07X	12,61	0,92
Tempo 6 h	0,051+0,05X+0,02X ²	3,87	0,93
Tempo 12 h	0,051+0,0,123X-0,03X ²	11,39	0,91
Tempo 24 h	0,05+0,28X-0,24X ² +0,07X ³	7,98	0,96
Tempo 48 h	0,06+0,08X	9,97	0,94
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	0,1+0,004X-0,00007X ²	6,83	0,83
1,5% de Cal	NS	-	-
2% de Cal	NS	-	-

NS: não significativo

4.2.14. pH

As médias dos valores de pH obtidos nas amostras estudadas estão apresentadas na Tabela 29. O pH do grupo testemunha foi estatisticamente menor ($p<0,05$) quando comparado aos tratamentos que receberam cal virgem.

Os maiores valores tiveram a tendência de ser encontrados com a adição de 2% de aditivo. Em todos os casos, a cana hidrolisada com 2% de aditivo teve valores maiores de pH, exceto nos tempos 12 e 48 horas após a hidrólise.

Na maioria dos tempos propostos os grupos com 1 e 1,5% de aditivo não se diferenciaram ($p>0,05$). Essa diferença ocorreu apenas 12 e 48 horas após hidrólise.

Também não foi verificada grande variação entre os tempos de hidrólise. Os tempos 0, 6 e 12h não se diferenciaram com a adição de 1% de cal. O mesmo ocorreu com os tempos 24 e 48h.

Com a adição de 1,5 ou 2% de aditivo os tempos 0 e 6 foram estatisticamente iguais ($p>0,05$) entre si. Porém com os mesmos níveis de cal, os tempos 12, 24 e 48 se mostraram significativamente diferentes e com valores menores ($p<0,05$) que os encontrados nos tempos 0 e 6.

Tabela 29. Valores médios de pH em função dos níveis de cal e do tempo de hidrólise no tratamento da cana-de-açúcar *in natura* da variedade IAC 86-2480.

CAL (%)	TEMPO(h)				
	0	6	12	24	48
0	6,11 aA*	6,11 aA*	6,11 aA*	6,11 aA*	6,11 a A*
1	10,52 bB	10,56 bB	10,75 bC	8,62 aB	8,65 aC
1,5	10,64 dB	10,64 dB	10,4 cB	8,83 bB	8,33 aB
2	11,37 dC	11,49 dC	10,9 cC	10,04 bC	8,74 aC

Médias seguidas de mesma letra (minúscula na linha e maiúscula na coluna) não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

As equações de regressão obtidas foram, na sua maioria, cúbicas, com exceção do grupo em que se adicionou 2% de cal, cuja equação foi linear, e do grupo com adição de 0% de cal, o qual obteve estatística não significativa para a regressão (Tabela 30).

Tabela 30. Equações de regressão (Eq. de Reg.), coeficientes de variação (c. v.) e coeficientes de determinação (r^2) para variável pH nos referidos tratamentos.

	Eq. de Reg.	c. v. (%)	r^2
Tempo 0 h	$6,11+10,19X-7,78X^2+2X^3$	0,25	0,99
Tempo 6 h	$6,11+10,61X-8,36X^2+2,2X^3$	1,59	0,99
Tempo 12 h	$6,11+12,14X-10,13X^2+2,63X^3$	1,34	0,99
Tempo 24 h	$6,11+6,45X-5,63X^2+1,7X^3$	0,82	0,99
Tempo 48 h	$6,08+7,42X-6,64X^2+1,8X^3$	1,06	0,99
0% de Cal	NS	-	-
1% de Cal	$10,43+0,15X-0,015X^2+0,0002X^3$	2,30	0,94
1,5% de Cal	$10,61+0,07X-0,01X^2+0,0001X^3$	1,65	0,97
2% de Cal	$11,58-0,6X$	1,77	0,96

NS: não significativo.

4.3. Composição Químico-Bromatológica da cana IAC 86-2480 não hidrolisada e ensilada

A Tabela 31 mostra que o teor de matéria seca diminuiu com a ensilagem da cana, sendo os valores iguais a 37% e 24,85% para cana natural e para a ensilada, respectivamente. O teor de proteína bruta também diminuiu na cana ensilada, passando de 2,75 para 2,2%. O mesmo ocorreu com a lignina que caiu de 9,18 para 7,58. Já os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, hemicelulose e nutrientes digestíveis totais não diferiram ($p>0,05$) entre a cana natural e a ensilada.

Tabela 31. Médias dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar natural e da cana-de-açúcar ensilada variedade IAC 86-2480 não hidrolisadas (grupo testemunha) utilizada no presente experimento.

	MS	PB*	FDN*	FDA*	LIG*	CEL*	HEM*	NDT*
Cana natural	37,0 a	2,75 a	60,56 a	35,48 a	9,18 a	26,87 a	25,08 a	67,5 a
Cana ensilada	24,85 b	2,2 b	60,05 a	33,25 a	7,58 b	30,3 a	26,8 a	62,64 a

Letras diferentes nas colunas = médias estatisticamente diferentes entre si (Tukey 5%).

* porcentagem na matéria seca.

Tabela 32. Valores médios de fibra bruta (FB), extrato não nitrogenado (ENN), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca), fósforo (P) e pH da cana-de-açúcar *in natura* variedade IAC 86-2480 não hidrolisada (grupo testemunha).

	ENN*	MM*	EE*	Ca*	P*	pH
Cana natural	67,08 a	2,24 a	1,15 a	0,38 b	0,05 a	6,11 b
Cana ensilada	64,67 a	4,15 b	1,08 a	0,22 a	0,11 b	3,72 a

Letras diferentes nas colunas = médias estatisticamente diferentes entre si (Tukey 5%).

* porcentagem na matéria seca.

O extrato não nitrogenado e o extrato etéreo não variaram com a ensilagem mantiveram-se estatisticamente iguais ($p>0,05$) entre os dois grupos. Porém a

matéria mineral subiu de 2,24% para 4,15% e o fósforo subiu de 0,05% para 0,11%. O cálcio e o pH caíram de 0,38% para 0,22% e de 6,11 para 3,72, respectivamente. Isso pode ser observado de acordo com os dados demonstrados na Tabela 32.

4.4. Composição Químico-Bromatológica da cana IAC 86-2480 hidrolisada com cal virgem e ensilada

4.4.1. Matéria Seca (MS)

As doses de cal virgem utilizadas na ensilagem surtiram efeito significativo ($p < 0,05$) na porcentagem de matéria seca da cana-de-açúcar utilizada. Os valores de MS foram estatisticamente maiores nos grupos ensilados com 1; 1,5 e 2% de cal (Tabela 33).

Tabela 33. Valores médios de matéria seca (MS) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal			
	0	1	1,5	2
MS	24,85 a	28,46 b	29,14 b	29,6 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

A variável MS para a cana ensilada e hidrolisada não apresentou estatística de regressão significativa ($p < 5\%$) no presente estudo.

4.4.2. Proteína Bruta (PB)

Na Tabela 34 observa-se que o valor de proteína bruta (PB) do grupo hidrolisado com 2% de cal virgem (1,4% PB) foi estatisticamente menor ($p < 0,05$) que o do grupo não hidrolisado (2,2% PB). Porém não houve diferença significativa entre o grupo não hidrolisado e o grupo em que se adicionou 1 ou 1,5% de aditivo. Os

valores de PB obtidos com os diferentes níveis de cal (1; 1,5 e 2%) também não foram estatisticamente diferentes ($p>0,05$).

No que tange a estatística de regressão, a variável apresentou equação linear (Tabela 34).

Tabela 34. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para proteína bruta (PB) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
PB	2,2 b	1,68 ab	1,48 ab	1,4 a	2,15-0,41X	15,37	0,58

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%); X: percentagem de cal.

4.4.3. Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Assim como ocorreu com a PB, a fibra em detergente ácido (FDA) também teve um valor estatisticamente menor ($p<0,05$) na amostra hidrolisada com 2% de cal (24,9% FDA), quando comparada à amostra não hidrolisada (33,25% FDA) antes da ensilagem. O que representou uma queda de aproximadamente 25% na fibra em questão.

Tabela 35. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para fibra em detergente ácido (FDA) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
FDA	33,25 b	29,23 ab	28,27 ab	24,29 a	33,49-4,21X	6,56	0,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%), X: percentagem de cal.

Não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os níveis de cal adicionados (1; 1,5 e 2%) (Tabela 35). E não se observou diferença ($p>0,05$) entre o grupo não hidrolisado e os grupos que receberam 1 ou 1,5% de aditivo.

A fibra em detergente ácido apresentou uma equação linear para a regressão avaliada no presente estudo, em função dos níveis de cal testados (Tabela 35).

4.4.4. Fibra em Detergente Neutro (FDN)

Observa-se que houve uma queda de aproximadamente 30% nessa fibra com a adição de 1; 1,5 ou 2% de cal virgem antes da ensilagem (Tabela 36). A hidrólise pré-ensilagem fez a FDN cair de 60,05 para 40,77% da MS, valores encontrados no grupo não hidrolisado e no grupo hidrolisado com 2% de cal, respectivamente.

Tabela 36. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para a fibra em detergente neutro (FDN) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
FDN	60,05 b	42,44 a	41,48 a	40,77 a	$59,91-23,95X+7,29X^2$	3,16	0,97

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%); X:percentagem de cal.

Em consonância com a Tabela 36 é possível afirmar que no presente trabalho os valores de FDN obtidos com os diferentes níveis de cal estudados (1; 1,5 e 2%), não foram significativamente diferentes ($p<0,05$) entre si. Ainda observou-se que a variável demonstrou equação de regressão quadrática na estatística do grupo testado em questão.

4.4.5. Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) das amostras hidrolisadas foram estatisticamente maiores ($p<0,05$) que o NDT do grupo que não foi hidrolisado antes

da ensilagem. O aumento no NDT com a hidrólise chegou a 11%, fazendo o valor subir de 62,64 para 70,54, no grupo com 0 e 2% de cal, respectivamente. Isso pode ser observado na Tabela 37. Não houve diferença significativa ($p>0,05$) apenas entre o grupo com 0 e o grupo com 1% de aditivo.

Também não se observou efeito entre os níveis de aditivo utilizados, sendo que os valores de NDT foram estatisticamente iguais nos grupos com 1, 1,5 e 2% de cal.

Tabela 37. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para os nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
NDT	62,64 a	66,56 ab	68,48 b	70,54 b	62,62+3,94X	2,47	0,76

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%); X: percentagem de cal.

Ainda de acordo com a Tabela 37, observa-se que a variável NDT apresentou comportamento linear no teste de regressão aplicado em função dos níveis de cal empregados para a cana ensilada.

4.4.6. Lignina (LIG)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 38, o teor de lignina (LIG) do grupo não hidrolisado (7,58%) foi significativamente maior ($p<0,05$) que os teores obtidos com a adição de 1,5 (6,01% LIG) e 2% de cal (4,89% LIG). Contudo tal valor não foi significativamente diferente ($p>0,05$) do valor obtido com 1% de cal (6,47% LIG).

Também não se observou diferença entre os valores obtidos nos grupos hidrolisados com 1 e 1,5% de aditivo. Porém ambos diferenciaram da LIG apresentada pelo grupo hidrolisado com 2% de cal, que apresentou menor valor.

Tabela 38. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para lignina (LIG) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
LIG*	7,58 c	6,47 bc	6,01 b	4,89 a	7,68-1,28X	6,89	0,83

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%); X: percentagem de cal

* percentagem na MS

A equação obtida para a variável LIG neste ensaio foi uma equação linear (tabela 38).

4.4.7. Celulose (CEL)

A hidrólise da cana-de-açúcar antes da ensilagem diminuiu significativamente os valores de celulose (CEL) das amostras, essa redução chegou à 20%. Consonante com a Tabela 39, a CEL do grupo não hidrolisado caiu de 30,3 para 25,5; 25,3 e 24,07%, nos grupos com 1; 1,5 e 2% de aditivo, respectivamente.

Tabela 39. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para a celulose (CEL) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
CEL	30,3 b	25,5 a	25,3 a	24,07 a	29,96-5,29+1,22X ²	2,7	0,91

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%); X:percentagem de cal.

Não houve diferença estatística entre os teores de LIG encontrados com a adição dos diferentes níveis de cal (1; 1,5 ou 2%). E a equação obtida para o referido estudo foi uma equação quadrática (Tabela 39).

4.4.8. Hemicelulose (HEM)

A porcentagem de hemicelulose (HEM) caiu bruscamente com a adição de cal. O valor encontrado no grupo não hidrolisado (26,8% HEM) foi estatisticamente maior ($p < 0,05$) que os demais valores, 13,21; 13,21 e 16,48% encontrados nos grupos com 1; 1,5 e 2% de cal, respectivamente.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 40, a redução da HEM chegou a 50% nos grupos tratados com 1 e 1,5% de aditivo, e a aproximadamente 40% no grupo tratado com 2% de aditivo.

Tabela 40. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para a hemicelulose (HEM) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
HEM	26,8 c	13,21 a	13,21 a	6,48 b	$26,76 - 21,61X + 8,26X^2$	5,06	0,97

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%); X: percentagem de cal.

Não houve diferença significativa entre os valores de lignina dos grupos hidrolisados com 1 e 1,5% de cal, porém ambos os valores foram estatisticamente menores ($p < 0,05$) que o valor obtido no grupo com 2% de aditivo. A equação de regressão obtida no estudo foi quadrática (Tabela 40).

4.4.9. Extrato Etéreo (EE)

A aplicação do aditivo antes da ensilagem da cana fez os valores de EE reduzirem em cerca de 20%, uma vez que o valor de extrato etéreo encontrado no grupo não hidrolisado (1,08% EE) foi estatisticamente menor ($p < 0,05$) que os valores encontrados nos grupos com 1 (0,89% EE), 1,5 (0,9% EE) e 2% (0,85% EE) de cal (Tabela 41).

Tabela 41. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para o extrato etéreo (EE) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
EE	1,08 b	0,89	0,9 a	0,85 a	1,05-0,1X	6,07	0,69

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey 5%).

Entre as diferentes porcentagens de cal não foi observada diferença significativa nos valores de EE encontrados, e a equação obtida no presente grupo testado foi linear (Tabela 41).

4.4.10. Extrato Não Nitrogenado (ENN), Matéria Mineral (MM), Cálcio (Ca) e Fósforo (P)

Na Tabela 42 estão apresentados os valores médios de Extrato Não Nitrogenado (ENN), Matéria Mineral (MM), Cálcio (Ca) e Fósforo (P) das amostras avaliadas no presente estudo. Na mesma tabela também se encontram apresentados equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) das respectivas variáveis avaliadas.

Com relação ao extrato não nitrogenado (ENN), observa-se que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre o grupo com 0% de cal (64,67%) e o grupo com 1% de cal (68,39). Porém os grupos em que se adicionou 1,5 (70,14%) e 2% (73,1%) de cal virgem obtiveram valores estatisticamente maiores ($p<0,05$) que o grupo não hidrolisado (64,67% ENN). Entre os grupos hidrolisados com diferentes níveis de aditivo não foi observada diferença significativa nos valores de ENN.

A hidrólise antes da ensilagem promoveu um incremento na matéria mineral (MM) da cana-de-açúcar estudada. O grupo não hidrolisado contou com o menor valor de MM (4,15%) quando comparado aos grupos hidrolisados com 1,5 (4,88% MM) e 2% (5,15% MM) de cal virgem. Não se constatou diferença significativa ($p>0,05$) entre o grupo que não recebeu aditivo e o grupo que recebeu 1% de cal.

Também os grupos que receberam 1 e 1,5% de cal foram considerados estatisticamente iguais no teor de MM. Ocorrendo o mesmo entre os grupos com 1,5 e 2% de cal.

Tabela 42. Valores médios, equação de regressão (Eq. Reg.), coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para extrato não nitrogenado (ENN), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P) da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

	% de cal				Eq. Reg.	c.v.(%)	r^2 (%)
	0	1	1,5	2			
ENN*	64,67 a	68,39 ab	70,14 b	73,1 b	64,5+4,2X	2,88	0,71
MM*	4,15 a	4,54 b	4,88 bc	5,15 c	4,11+0,5X	3,72	0,83
Ca*	0,22 a	0,25 ab	0,28 bc	0,3 c	0,22+0,04X	5,93	0,79
P*	0,11 a	0,13 ab	0,14 ab	0,16 b	0,11+0,02X	10,26	0,62

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente por meio do teste de Tukey (significância de 0,05).

* porcentagem na matéria seca; X: porcentagem de cal.

As porcentagens de cálcio (Ca) na MS da cana-de-açúcar hidrolisada ensilada foram aumentando conforme se aumentava a quantidade de aditivo. O grupo hidrolisado com 1,5 e 2% de cal obtiveram valores de Ca estatisticamente maiores ($p < 0,05$) comparados ao grupo não hidrolisado. Contudo, entre o grupo não hidrolisado e o grupo hidrolisado com 1% de aditivo não se observou diferença significativa ($p > 0,05$). Entre os níveis 1 e 1,5% e 1,5 e 2% as diferenças entre os valores de Ca não foram significativas.

Não se observou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os valores de P encontrados nos grupos não hidrolisado (0,11% P) e hidrolisados com 1 (0,13% P) e 1,5% (0,14% P) de cal. Os diferentes níveis de cal propostos também não proporcionaram valores de fósforo estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) entre si. E o grupo hidrolisado com 2% de cal obteve valor de P (0,16%) estatisticamente maior que o grupo não hidrolisado (0,11%).

Para todas as variáveis descritas o modelo estatístico de regressão apresentou comportamento linear, isso está apresentado na Tabela 42.

4.5. Ácidos Graxos Voláteis (AGV) da cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de cal virgem

Os teores médios de ácidos graxos voláteis (AGV) das amostras de cana ensiladas com diferentes porcentagens de cal virgem estão expostos na Tabela 43.

O ácido acético (AA) sofreu diminuição com o aumento do nível de cal empregado. O valor encontrado no grupo não hidrolisado (3,84g/100g MS) foi estatisticamente menor ($p < 0,05$) que os valores encontrados com a adição de 1,5 (1,49g/100g MS) e 2% (0,37g/100g MS) de cal, e estatisticamente igual ($p > 0,05$) ao valor encontrado com a adição de 1% de cal.

O menor valor de AA foi obtido com a adição de 2% de cal. Dentre as porcentagens de cal estudadas (1; 1,5 e 2%) todos os valores de AA foram estatisticamente diferentes entre si.

O ácido propiônico (AP) com a adição de 1 e 1,5% de cal chegou a diminuir 60% do seu valor. Passando de 8,10g no grupo não hidrolisado para 3,31 e 3,49g no grupo com 1 e 1,5% de aditivo, respectivamente. Entre os dois níveis citados, 1 e 1,5%, não se observou diferença significativa ($p > 0,05$).

No grupo em que foi adicionado 2% de cal foi encontrado o maior valor de AP (16,81g). Tal valor foi 100% maior que o valor do grupo não hidrolisado.

Tabela 43. Teores médios, equação de regressão, coeficientes de variação e de determinação para os ácidos graxos voláteis da cana-de-açúcar variedade IAC 86-2480 ensilada com diferentes níveis de cal virgem.

Acido	cal				Eq. Regress.	C.V.	R ²
	0%	1%	1,5%	2%			
Acético*	3,84 c	4,62 c	1,49 b	0,37 a	$3,84 + 12X - 15,58X^2 + 4,36X^3$	16,51	0,94
Propiônico*	8,10 b	3,31 a	3,49 a	16,81 c	$8,41 - 17,67X + 10,7X^2$	34,76	0,78
Butírico*	0,43 a	8,03 b	16,19 c	17,89 c	NS	-	-
Lático*	3,93 a	7,99 bc	10,2 c	6,94 ab	$3,77 + 8,44X - 3,32X^2$	19,93	0,68

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente por meio do teste de Tukey (significância de 0,05);

X: percentagem de cal; NS: não significativo ($p < 5\%$);

* g/100g de matéria seca da silagem

A tendência do ácido butírico (AB) foi aumentar seu valor com o aumento dos níveis de cal empregados. O grupo que não recebeu cal (0,43g) obteve valor muito abaixo do valor encontrado no grupo com 1% de cal (8,03g). Este último grupo obteve valor estatisticamente menor ($p < 0,05$) que o grupo hidrolisado com 1,5% e o grupo hidrolisado com 2% de cal.

Os grupos com 1,5 e 2% de aditivo não foram significativamente diferentes entre si e obtiveram os maiores valores de AB (16,19 e 17,89g, respectivamente).

Os valores de ácido láctico (AL) foram aumentados com a hidrólise antes da ensilagem. O maior valor (10,2g) foi obtido no grupo com 1,5% de cal, porém tal valor não se diferenciou significativamente do grupo com 1% de cal (7,99g).

Não se observou diferença estatística ($p > 0,05$) entre os grupos com 1 e com 2% de cal. Todavia todos os níveis de aditivo estudados obtiveram valores de AL estatisticamente maiores que o valor do grupo não hidrolisado.

A Tabela 44 apresenta os resultados obtidos no teste de regressão das variáveis citadas acima. Apenas o AB não apresentou uma estatística significativa para a regressão testada ($p < 0,05$), AL e AP seguiram um comportamento quadrático quando testados e o AA apresentou um comportamento cúbico na estatística testada.

Tabela 44. Equação de regressão, coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para os ácidos acético, propiônico, butírico e láctico da cana-de-açúcar variedade IAC 86-2480 ensilada com diferentes níveis de cal virgem.

	Equação de regressão	c.v.	r^2
Ácido Acético*	$3.84 + 12X - 15.58X^2 + 4.36X^3$	16,51	0,94
Ácido Propiônico*	$8,41 - 17,67X + 10,7X^2$	34,76	0,78
Ácido Butírico*	NS	-	-
Ácido Láctico*	$3,77 + 8,44X - 3,32X^2$	19.93	0,68

NS: não significativo ($p < 0,05$) para a estatística de regressão;
X: percentagem de cal.

4.6. Nitrogênio Amoniacal (N-NH³) e pH da cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de cal virgem

A Tabela 45 apresenta os valores médios de nitrogênio amoniacal (N-NH³) e de pH das amostras ensiladas com diferentes porcentagens de cal virgem. Na mesma tabela estão apresentados os coeficientes de determinação e de variação e a equação de regressão para as variáveis estudadas.

O N-NH³ subiu discretamente com a adição da cal. O valor obtido com 1% de cal (16,58 mg%) foi o estatisticamente maior ($p < 0,05$) que o valor obtido no grupo não hidrolisado (6,91 mg%) e no grupo hidrolisado com 2% de cal (7,6 mg%). O grupo não hidrolisado por sua vez, não se diferenciou significativamente dos grupos com 1,5 e 2% de aditivo. O mesmo ocorreu entre os grupos com 1 e com 1,5% de cal.

Tabela 45. Valores médios, equação de regressão, coeficiente de variação (c.v.) e coeficiente de determinação (r^2) para o nitrogênio amoniacal (N-NH³) e o pH da cana-de-açúcar ensilada (variedade IAC 86-2480) com diferentes níveis de cal.

Variáveis	cal				Equação regressão	c.v.	r^2
	0%	1%	1,5%	2%			
N-NH ³ (mg%)	6,91 a	16,58 b	10,37 ab	7,6 a	$7,2 + 15,47X - 7,86X^2$	28,4	65,21
pH	3,72 a	4,5 ab	4,79 b	5,21 b	$3,73 + 0,73X$	5,95	0,81

Médias seguidas de mesmas letras na linha, não diferem estatisticamente por meio do Teste de Tukey;
X: percentagem de cal

De acordo com a Tabela 45, o pH da cana não hidrolisada (3,72) foi estatisticamente menor ($p < 0,05$) que os encontrados nos grupos com 1,5% (4,79) e 2% (5,21) de cal, e estatisticamente igual ao pH do grupo hidrolisado com apenas 1% de cal (4,5). Não se observou diferença entre os valores de pH encontrados com os diferentes níveis (1; 1,5 e 2%) de cal estudados.

Para a variável N-NH³ a equação obtida na estatística de regressão testada foi de comportamento quadrático, e para o pH a equação obtida foi linear.

5. DISCUSSÃO

5.1. Composição Químico-Bromatológica da cana IAC 86-2480 *in natura*

A média de matéria seca (MS) encontrada neste trabalho (37%) foi maior quando comparada àquelas encontradas por outros autores (FERNANDES et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2006b; MELO et al., 2004; IAC, 2002) que trabalharam com a mesma variedade de cana-de-açúcar. O valor também foi superior ao intervalo encontrado por Mello et al. (2006), os quais avaliaram nove variedades diferentes de cana-de-açúcar e obtiveram valores médios de MS variando entre 24,42 a 26,9%. Pinto; Pereira e Mizubuti (2003) avaliaram as características nutricionais de dezenove variedades de cana-de-açúcar, encontraram para a MS uma média de 30,7%, o que se assemelha ao valor obtido neste trabalho.

Siqueira et al. (2007a) avaliaram a associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar cultivar SP 70-1143, encontraram uma média de MS para essa cana *in natura* de 35,2%, valor bem próximo ao encontrado neste estudo com o cultivar IAC 86-2480.

Tabela 46. Médias dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar *in natura* cultivar IAC 86-2480 não hidrolisada.

Autores	MS**	PB*	FDN*	FDA*	EE*	MM*	LIG*	CEL*	HEM*	NDT*
Presente trabalho	37,0	2,75	60,56	35,48	1,15	2,24	9,18	26,87	25,08	67,5
Balieiro Neto et al. (2007)	***	3,0	55,48	43,96	***	***	7,25	***	11,52	***
Fernandes et al. (2007)	30,06	2,5	53,44	***	***	***	***	***	***	***
Oliveira et al. (2006b)	22,78	2,93	35,93	20,16	0,61	2,75	***	***	15,78	73,72
Melo et al. (2004)	25,88	2,38	43,02	25,8	***	***	10,74	23,24	17,22	64,55
I.A.C. (2002)	17,0 a 30,0	1,06 a 3,06	42,56 a 67,7	***	***	***	4,6 a 8,43	***	***	***

***valores não citados pelos autores

** porcentagem da matéria natural

* porcentagem da matéria seca

O teor de proteína bruta (PB) encontrado (2,75) ficou em conformidade com todos aqueles expostos pelos autores mencionados na Tabela 46 (BALIEIRO NETO et al. 2007; FERNADNES et al. 2007; OLIVEIRA et al. 2006b; MELO et al. 2004) e também se encontrou dentro do intervalo proposto pelo IAC (2002). Em sua revisão bibliográfica, Pinto; Pereira e Mizubuti (2003) encontraram valor médio de 2,4% de PB, o que endossa o valor médio obtido por este estudo.

Já a fibra em detergente neutro (FDN) (60,56% da MS) se mostrou superior aos valores encontrados nessa mesma variedade de cana, por Oliveira et al. (2006b) e Melo et al. (2004) e próxima aos de Fernandes et al. (2007) e Balieiro Neto et al. (2007). E também se enquadrou no intervalo referido pelo IAC (2002). A média encontrada por Pinto; Pereira e Mizubuti (2003) em dezenove diferentes variedades foi 49,8% da MS, abaixo do valor encontrado aqui. O valor de FDN é um aspecto importante, pois é a fração química da forragem que apresenta estreita relação com o consumo e consequentemente com o desempenho animal (MELLO et al., 2006).

A fibra em detergente ácido (FDA) (35,48% da MS) foi maior que as encontradas por Oliveira et al. (2006b) e Melo et al. (2004), menor que a encontrada por Balieiro Neto et al. (2007) e próxima à encontrada por Pinto; Pereira e Mizubuti (2003). E os nutrientes digestíveis totais (67,5) foram próximos aos encontrados pelos autores citados na Tabela 46.

Oliveira et al. (1999), trabalhando com duas variedades diferentes de cana obtiveram valores de extrato etéreo (EE) similares (1,2 e 1,02 respectivamente, para CO 413 e RB 72 454) ao obtido pelo presente estudo (1,15% da MS), o qual se mostrou acima do valor obtido por Oliveira et al. (2006b), com a IAC 86-2480.

A matéria mineral (2,24%) verificada se aproximou daquela obtida por Oliveira et al. (2006b) (2,75%) e por Lucci et al. (2006) (2,69% da MS). Os últimos autores não mencionaram a variedade de cana testada. Em contrapartida, a celulose (26,87%) ficou acima do valor obtido por Melo et al. (2004) e intimamente próximo ao obtido por Amaral (2007) (26,6% da MS), o qual trabalhou com a cana-de-açúcar RB 85-5453.

O valor de lignina (9,18) teve pouca diferença do valor encontrado por Melo et al. (2004) e do intervalo do IAC (2002), sendo maior do que o referido por Balieiro Neto et al. (2007). Bravo-Martins et al. (2006) avaliando cinco variedades de cana-

de-açúcar obtiveram 9,72 (% da MS) como teor médio de lignina. A hemicelulose (25,08) ficou além dos valores citados por Balieiro Neto et al. (2007), Oliveira et al. (2006b) e Melo et al. (2004).

O teor de extrato não nitrogenado (67,08) ficou próximo ao obtido por Lucci et al. em 2006 (69,45% da MS). E o valor de pH encontrado na cana-de-açúcar fresca estudada (6,11) está próximo aos valores encontrados na literatura (6,8 de QUEIROZ et al., 2008; 5,95 de SCHMIDT et al., 2007a; 5,9 de SIQUEIRA et al., 2007a; 5,9 de AMARAL NETO et al., 2000).

5.2. Composição Bromatológica da cana IAC 86-2480 *in natura* hidrolisada com cal virgem

5.2.1 Matéria Seca (MS)

Segundo dados obtidos por Santos (2007), a administração da cal virgem na cana-de-açúcar diminuiu significativamente as perdas de MS em relação ao grupo controle. O autor trabalhou com as porcentagens de 0,5; 1 e 1,5% de aditivo e conseguiu menores perdas no teor da MS total com as porcentagens de 1 e 1,5. O aumento da concentração do aditivo pode elevar a pressão osmótica e conseqüentemente diminuir a atividade de água da massa de forragem (ALCÂNTARA et al., 1989), além de inibir o crescimento de fungos e leveduras (MIYAZAKI et al, 2006), levando assim à conservação do teor de matéria seca da massa. Tal fato foi verificado no presente estudo, pois se observou diferença significativa entre os valores de MS dos grupos hidrolisados com 2% de cal em todos os tempos propostos. E ainda, com 24 horas de hidrólise todos os níveis do aditivo surtiram efeito significativo.

Siqueira et al. (2007b) obtiveram pequeno aumento no teor de MS da cana tratada com 1% de NaOH. Fato observado neste estudo, principalmente com a maior dose de cal utilizada. Em contrapartida, Cavali et al. (2006) não reportaram variação nos teores de MS da cana-de-açúcar controle em relação à cana tratada com diferentes níveis (0; 0,5; 1; 1,5 e 2%) de CaO.

5.2.2 Proteína Bruta (PB)

Como neste experimento, Balieiro Neto et al. (2007) trabalhando com CaO nas porcentagens de 0,5; 1 e 2% para a hidrólise alcalina da cana-de-açúcar IAC 86-2480, também não obtiveram diferença significativa nos teores de proteína bruta (PB) encontrados entre os diferentes níveis de cal aplicados. Os autores não reportaram diferença entre o grupo testemunha e os grupos com aditivo, o que contraria os resultados obtidos neste estudo, onde os valores de PB dos grupos hidrolisados com 2% foram significativamente menores que o encontrado no grupo testemunha (2,75% da MS), em todos os tempos de hidrólise testados. A utilização de cal virgem, especialmente em doses altas, parece reduzir o teor de PB da forragem. Tal afirmação corrobora o estudo feito por Santos (2007) que observou 2,9% PB da MS com 0% de cal e 0 horas de hidrólise contra 2,7% com 1,5 % de aditivo e o mesmo tempo de hidrólise.

De acordo com Oliveira et al. (2006b) o valor de PB da forragem sem aditivo foi de 2,93% contra 2,61% da forragem aditivada com 0,5% de cal virgem. Santos (2007), Silva et al. (2006) e Cavali et al. (2006) também constataram diminuição da proteína bruta com a adição de cal, principalmente em níveis mais altos. No entanto, os autores não observaram interação entre os tratamentos com cal e os horários de exposição à hidrólise para a variável proteína bruta. Isso contradiz os resultados apresentados pelo presente estudo, onde foram obtidos valores relativamente menores de PB com tempos de hidrólise de 24 e 48 horas.

5.2.3 Fibra em Detergente Ácido (FDA)

Balieiro Neto et al. (2007) obtiveram diminuição nos teores de FDA da cana-de-açúcar IAC 86-2480 com a adição de 1 e 2% de cal virgem, o que endossa os resultados obtidos por este estudo, utilizando 1; 1,5 e 2% de cal. Santos (2007) utilizando cal virgem e cal hidratada não observou efeito significativo da aditivação nos teores de FDA nas primeiras 72 horas de hidrólise. Ao contrário do que foi constatado neste estudo, onde se observou efeito significativo imediatamente após adição de quaisquer doses testadas. Oliveira et al. (2006b) utilizando 0,5% de cal

virgem na cana *in natura*, também não encontraram variação da FDA nas 6 primeiras horas de tratamento (com valores de 20,16% da MS para o grupo controle e 19,93% para a forragem aditivada).

Santos et al. (2006) reportaram redução significativa nos teores de FDA da cana-de-açúcar imediatamente após adição de 1 e 1,5 % de cal virgem. Os autores não observaram efeito do tempo de hidrólise quando doses altas de CaO foram utilizadas. Assim como os autores acima, Cavali et al. (2006) também registraram diminuição significativa de FDA da cana *in natura* com a adição de 2% de cal.

5.2.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN)

A diminuição da FDN com a hidrólise ocorrida no presente estudo, corrobora os resultados encontrados por Balieiro Neto et al. em 2007, os quais também trabalharam com cal virgem (nas doses de 0,5; 1 e 2% da matéria verde). No entanto não se observou como eles, diferença significativa para os diferentes níveis de aditivos usados. Os autores constataram que o grupo com 2% de aditivo obteve o menor valor de FDN (45,36%) quando comparados ao grupo controle e aos grupos com 0,5 e 1%. O mesmo fato aconteceu com Cavali et al. em 2006, trabalhando com o mesmo aditivo e mesmas porcentagens.

Em um trabalho com diferentes tempos (0, 1, 3, 6, 12 e 24 horas) de exposição aeróbia da cana hidrolisada com 1% de cal hidratada (Silva et al., 2006), seus autores não observaram variação significativa da FDN no período estudado, cujos valores oscilaram entre 52,72 e 54,80% da MS. Santos et al. (2006) obtiveram redução nos valores de FDN imediatamente após a adição de 1 e 1,5% de cal sobre a cana *in natura*. No presente estudo o efeito da hidrólise pôde ser observado imediatamente após a adição da cal (tempo 0). Sua aplicação sobre a cana favoreceu a ocorrência de reação exotérmica, pois imediatamente após a aplicação do aditivo notou-se alteração da temperatura e da coloração da massa, a qual ficou com uma cor mais viva, devido a uma reação instantânea do agente alcalinizante com as frações fibrosas da célula vegetal. Essa hipótese também foi constatada por Santos (2007).

Após o efeito inicial, o aditivo pode ter causado rompimento entre as ligações moleculares do tipo éster entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose (VAN SOEST, 1987), razão pela qual os teores de fibras continuaram caindo com o aumento do tempo de hidrólise.

Santos (2007) não observou diminuição expressiva da FDN da cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada. Também não observou efeito de doses crescentes de cal virgem nas primeiras 6 horas de hidrólise e com 48 horas de tratamento. Apenas observou redução significativa da fibra em detergente neutro entre 12 e 24h e a partir de 72 horas de hidrólise, principalmente com níveis maiores de cal (1,5%). Redução na fração FDN também foi observada por Oliveira et al. (2006b) com o uso de cal virgem, os autores obtiveram 35,93% de FDN no tratamento controle contra 33,83% FDN na cana-de-açúcar aditivada com 0,5% de cal. O mesmo ocorreu com Santos et al. (2006), os quais obtiveram reduções significativas na FDN com a aplicação de 1,5% de óxido de cálcio imediatamente após adição da cal (tempo 0).

Pires et al. (2004) avaliaram o uso de doses crescentes de NaOH (0; 2,5; 5 e 7,5%) na estocagem do bagaço de cana-de-açúcar durante 1, 3, 5 e 7 dias. Tais autores também constataram redução dos teores de fibra com o aditivo. Porém os mesmos não reportaram efeito do tempo em nenhum constituinte da parede celular, ao contrário do que foi observado no presente trabalho, onde a fibra em detergente neutro foi reduzindo seu valor com o passar do tempo de hidrólise, tendendo a ser menos significativa sua redução a partir de 24h. Apesar dos efeitos positivos do tempo de hidrólise, não se descarta a redução da fibra imediatamente após a hidrólise (no tempo 0), uma vez que o grupo hidrolisado no tempo zero também obteve valores de FDN inferiores aos obtidos no grupo testemunha. Podendo deduzir que a hidrólise alcalina sobre a fibra também pode ocorrer de modo rápido (BALIEIRO NETO et al., 2007).

Os efeitos das doses de cal sobre os teores de FDN sugerem a ocorrência de hidrólise alcalina com solubilização da hemicelulose, em função do rompimento das ligações do tipo éster da hemicelulose com a lignina (REIS et al., 1991; REIS et al., 1993). As diminuições expressivas nos valores de fibra podem denotar melhor aproveitamento das mesmas pelos animais (REIS et al., 2008) e uma possível

preservação dos carboidratos solúveis das amostras aditivadas. Pois os produtos alcalinos agem sobre a fração fibrosa dos volumosos promovendo uma ruptura das pontes de hidrogênio, levando a uma expansão das moléculas de celulose que se tornam mais susceptíveis à ação das enzimas celulolíticas.

5.2.5 Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)

Apesar de ter havido uma diminuição dos componentes fibrosos da cana-de-açúcar, o valor dos nutrientes digestíveis totais (NDT) não demonstraram variação significativa, exceto no grupo em que foi adicionado 2% da cal virgem e avaliado imediatamente após hidrólise (tempo 0), onde ocorreu diminuição dessa variável. Com essa dose do aditivo também se encontraram diminuições nos teores de proteína, extrato etéreo, fibra bruta e extrato não nitrogenado, o que poderia explicar a diminuição no teor de nutrientes digestíveis totais.

Em seu estudo, Oliveira et al. (2006b) não observaram efeito significativo da hidrólise com 0,5% de cal virgem na cana-de-açúcar IAC 86-2480, para o NDT. Também não reportaram efeito após 3 e 6 horas da administração do aditivo.

Segundo Balieiro Neto et al. (2006), tudo indica que quando a forragem tratada com óxido permaneceu por 72 horas na estufa com ventilação forçada de ar a 65°C para secagem, é provável que tenha ocorrido ruptura da célula e extravasamento de conteúdo celular. Os nutrientes disponibilizados neste período foram perdidos por volatilização ou deram origem a complexos insolúveis e conseqüentemente, forragens com aditivos alcalinos depois de seca apresentaram menos nutrientes digestíveis.

5.2.6 Lignina (LIG)

A adição de cal virgem causou redução no teor de lignina (LIG) das amostras dos tratamentos a partir de 6 horas de hidrólise. Todas as porcentagens do aditivo empregadas (1; 1,5 e 2%) surtiram efeito significativo na variável. Ao contrário de outros autores (BALIEIRO NETO et al., 2007; CAVALI et al., 2006) que, testando

porcentagens de 0,5; 1; 1,5 e 2% de cal virgem, apenas observaram redução na LIG com a maior dose de aditivo empregadas (2%).

A lignina é o fator primário que pode limitar o potencial de digestão dos carboidratos fibrosos onde está quimicamente ligada (VAN SOEST, 1994), pois é de digestibilidade baixa e às vezes nula. De acordo com Ferreira (1994), essa limitação da digestão deve-se a alguns fatores: função física da lignina como substância que favorece a rigidez da parede celular; características de suas ligações químicas com os polissacarídeos estruturais (também conhecida como fração lignocelulósica); inibição da atividade enzimática. De acordo com Santos et al. (2006), o tratamento com CaO, especialmente nas maiores doses avaliadas, é capaz de promover alteração nos componentes da parede celular da cana-de-açúcar e reduzir o desaparecimento de frações orgânicas solúveis.

Uma vez diminuído o teor de LIG do material, aumenta-se a disponibilidade de hemicelulose e celulose, possibilitando uma melhora no grau de fermentação do material fibroso. O que pode resultar em melhora na digestibilidade dessa fibra.

5.2.7 Matéria Mineral (MM)

Como previsto, a adição de cal, principalmente na maior dose, elevou significativamente o teor de matéria mineral da cana-de-açúcar ao longo de todo período de avaliação. Tal afirmação pode ser argumentada pelos autores Santos (2007); Oliveira et al. (2006b) e Silva et al. (2006). Segundo Oliveira et al. (2006b) a forragem não hidrolisada apresentou 2,75% de MM, em relação à quantidade de matéria seca, contra 4,66% na forragem tratada com 0,5% de cal virgem.

Silva et al. (2006), avaliaram o tratamento da cana com cal hidratada em diferentes tempos de exposição aeróbia (0, 1, 3, 6, 12 e 24 horas). Os autores observaram que a adição de 1% de cal hidratada à cana fresca elevou a fração mineral para valores médios de 4,84% contra 1,96% da MS para a forragem não aditivada. De acordo com os mesmos, não foi constatada interação entre os tratamentos e os horários de exposição para a MM. Tal fato não endossa a obtenção

de valores de cinzas significativamente menores, no presente estudo, com um tempo de hidrólise igual a 12 horas em todos os níveis de aditivo.

5.2.8 Celulose (CEL)

Segundo Pinto, Pereira e Mizubuti (2003), a celulose e a hemicelulose estão aglutinadas em um arranjo sistemático incrustado por lignina. A ação das enzimas celulolíticas sobre esses componentes pode então ser dificultada pelo alto teor de lignina no material fibroso. Os produtos alcalinos agem sobre a fração fibrosa dos volumosos promovendo uma ruptura das pontes de hidrogênio, levando a uma expansão das moléculas de celulose que se tornam mais susceptíveis à ação das enzimas celulolíticas (REIS et al., 2008). A ruptura das complexas ligações químicas da lignina com a celulose e com a hemicelulose pode resultar no aumento do consumo e da digestibilidade da forragem (PINTO, PEREIRA e MIZUBUTI, 2003).

A pequena solubilização da celulose ocorrida neste experimento endossa os resultados de outras pesquisas. Segundo alguns autores (SANTOS, 2007; KLOPFENSTEIN, 1978) os maiores efeitos dos aditivos alcalinos estão na hemicelulose e na lignina, os efeitos na solubilização da celulose ocorrem, porém são mais brandos.

5.2.9 Hemicelulose (HEM)

No presente experimento houve redução nos valores de hemicelulose das amostras aditivadas, em relação à não aditivada, a partir de 24 horas de hidrólise. O mesmo ocorreu no experimento de Cavali et al. (2006) utilizando CaO nos níveis de 0,5; 1; 1,5 e 2% e de Ezequiel et al. (2001a) utilizando uma solução comercial de hidróxido de sódio (NaOH) para solubilização alcalina da cana-de-açúcar. De acordo com os últimos autores, a forragem não aditivada apresentou 17% de HEM na MS contra 13,8% na forragem tratada com o aditivo. Oliveira et al. (2006b) também encontraram solubilização de HEM com a utilização da cal virgem, com valores de

15,78% da MS para o tratamento controle contra 13,96% da MS para a forragem tratada com 0,5% do aditivo. Como no presente trabalho, os autores não verificaram efeito das primeiras 6 horas de tratamento sobre essa variável.

Segundo Santos (2007), a aplicação da cal virgem proporcionou valores reduzidos de HEM em todos os tempos de hidrólise avaliados por ele (0, 6, 12, 24, 48, 72, 96, 120 e 240h). Em média, o autor obteve 19,75% de HEM (% da MS) com a adição de 1,5% de cal virgem contra 22,8% sem a adição da cal. O mesmo ocorreu com Santos et al. em 2006, que obtiveram reduções expressivas dessa variável com a adição de 1,5% de CaO, principalmente após 48 horas de hidrólise.

No presente trabalho, reduções significativas foram observadas a partir de 12h de hidrólise. Em contrapartida, Silva et al. (2006) não observaram interação entre os tratamentos e os horários de hidrólise, ocorrendo efeito apenas das doses de aditivos.

Contrariando a maioria dos estudos, Balieiro Neto et al. (2007) em seu trabalho de hidrólise da cana IAC 86-2480 com 0; 0,5; 1 e 2% de cal virgem, obtiveram valores de HEM significativamente maiores com a adição de 2% do aditivo. Ao contrário desses autores, o presente estudo não observou diferença significativa entre nenhuma das doses utilizadas (1; 1,5 ou 2%). Tais resultados podem ser atribuídos à forma de aplicação, em pó, da cal virgem utilizada neste experimento.

Segundo Reis et al. (1993), os alcalinizantes provocam a solubilização da hemicelulose em função do rompimento das ligações do tipo éster da hemicelulose com a lignina.

5.2.10 Extrato Etéreo (%EE)

As variações ocorridas nos teores de extrato etéreo foram pequenas entre os tratamentos. Não se observou efeito dos tempos de hidrólise sobre essa variável, com exceção do tempo 24 horas que mostrou diferença entre os níveis 1 e 1,5%. Porém observou-se uma pequena diminuição nesses teores com a adição de cal. Pouco é referido na literatura sobre o efeito da hidrólise com a cal nos teores dessa

variável, sua diminuição pode ser explicada por sua oxidação ou pelo aumento indireto da matéria seca da cana-de-açúcar tratada com a cal virgem.

5.2.11 Extrato não Nitrogenado (ENN)

O extrato não nitrogenado (ENN) variou muito pouco, conforme os dados obtidos a hidrólise com cal não surtiu efeito significativo nesses teores. Segundo Lucci et al. (2006), essa fração denota os teores de açúcares solúveis, portanto é possível dizer que os açúcares solúveis das amostras avaliadas não sofreram variação até as 48 horas após hidrólise avaliadas.

5.2.12 Cálcio (Ca) e Fósforo (P)

Os valores de cálcio e fósforo das amostras variaram, devido à quantidade desses minerais contida na cal virgem (CaO). A menor quantidade desses elementos foi encontrada no grupo testemunha (cana-de-açúcar sem cal), comportamento já esperado. Segundo Oliveira et al. (2001) a cana-de-açúcar apresenta quantidade considerável de cálcio, porém a quantidade de fósforo é muito baixa.

Os tempos de hidrólise surtiram pouco efeito na concentração desses minerais, no entanto é possível afirmar que a partir de 6 horas de hidrólise a concentração deles é aumentada. Devido à ínfima quantidade de fósforo dessa forrageira, foi mais fácil observar o efeito de doses crescentes de cal na variável fósforo do que na variável cálcio.

5.2.13 pH

Assim como já era esperado e também observado por outros autores (SANTOS, 2007; SIQUEIRA et al., 2007b; CAVALI et al., 2006; DOMINGUES et al.,

2006) a cana não hidrolisada apresentou valores de pH menores em relação aos grupos hidrolisados, independente do tempo de hidrólise transcorrido.

Os resultados estão de acordo com Santos et al. (2007) e Silva et al. (2006), os quais observaram aumento crescente do pH conforme se aumentava o nível de cal virgem aplicado. Os valores de pH encontrados pelos autores ficaram pouco abaixo dos apresentados neste estudo, porém demonstraram o mesmo comportamento em resposta aos níveis de aditivo usados e aos tempos de hidrólise propostos. Em consoante com os dados aqui apresentados, os autores também observaram aumento imediato do pH com a adição da cal e tendência a diminuição suave após 24 horas de hidrólise.

Domingues et al. (2006) avaliaram os efeitos das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a cana-de-açúcar in natura. Os autores constataram que os valores de pH elevaram-se gradativamente à medida que se aumentou a dose cal e diminuíram com o passar do tempo de hidrólise. As doses 0,5 e 1,0% mantiveram o pH no padrão alcalino até o tempo de 24 e 48 horas, respectivamente. Os valores de pH das doses 1,5 e 2,0% foram semelhantes estaticamente em quase todos os tempos com exceção do tempo 24 h.

Siqueira et al. (2007b) utilizaram hidróxido de sódio (NaOH) para hidrolisar a cana-de-açúcar SP 70-1143. Os autores obtiveram o valor 5,9 para o pH da cana controle contra 11,7 da cana aditivada com 1% de NaOH. Cavali et al. (2006) utilizando CaO obtiveram pH nos valores de 4,8; 10,7; 11,5; 11,8 e 12,0 para a cana-de-açúcar tratada com 0; 0,5; 1; 1,5 e 2% de cal, respectivamente.

Ezequiel et al. (2001b) observaram aumento do potencial hidrogênico do meio no tratamento da cana-de-açúcar com uma base forte (NaOH). Sendo assim, pode-se dizer que os maiores valores de pH encontrados nas forragens tratadas com cal virgem são devidos à natureza alcalina do aditivo.

6. Composição Bromatológica da cana IAC 86-2480 natural e ensilada

O teor de matéria seca da cana ensilada foi menor quando comparado ao da cana fresca. O mesmo ocorre no experimento de Siqueira et al. (2007b). Muitos

autores (OLIVEIRA et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007b; EVANGELISTA et al., 2003) atribuem esse acontecimento ao consumo de carboidratos solúveis durante a fermentação alcoólica. Segundo Pedroso (2003) a ensilagem da cana-de-açúcar foi caracterizada pela intensa fermentação alcoólica nos primeiros 15 dias após fechamento dos silos, o que resultou em perdas excessivas de MS e carboidratos solúveis.

Em seu trabalho com a cana-de-açúcar IAC 86-2480, Balieiro Neto et al. (2007) não obtiveram diferença entre os valores de proteína bruta (PB) obtidos na cana-de-açúcar fresca (3% da MS) e na cana mantida por 84 dias em silos experimentais (3,2%). O mesmo ocorreu no experimento de Siqueira et al. (2007a). Tais resultados contestam o menor valor de PB da cana ensilada em relação à não ensilada encontrado no presente experimento. De acordo com Santos (2007), o processo fermentativo da cana-de-açúcar apresenta pouco efeito na degradação da proteína. No entanto, citou Amaral (2007) que durante o processo fermentativo microorganismos consomem proteínas e carboidratos, fato que explica a diminuição da PB com a ensilagem da cana ocorrida neste trabalho.

De acordo com vários autores (BALIEIRO NETO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2007; SCHMIDT et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007a; SIQUEIRA et al., 2007b; LUCCI et al., 2006; SANTOS et al., 2006; PINTO, PEREIRA e MIZUBUTI, 2003) o teor de fibra em detergente neutro (FDN) tende a aumentar na silagem de cana-de-açúcar em relação à forragem fresca. Contudo, esse fato não foi evidenciado por este trabalho, uma vez que não se observou diferença significativa entre os teores de FDN da cana ensilada ou não. Provavelmente, os trinta dias de fermentação não foram suficientes para causar perdas significativas na porção de carboidratos solúveis e assim, indiretamente, causar aumento do componente fibra na forragem ensilada.

Também não se observou variação no teor de fibra em detergente ácido (FDA) antes e após a ensilagem. Tal acontecimento endossa os resultados obtidos por Balieiro Neto et al. (2007a); e contraria os resultados de Schmidt et al. (2007); Siqueira et al. (2007a); Siqueira et al. (2007b) e Pinto, Pereira e Mizubuti. (2003), os quais observaram aumento na FDA com a ensilagem da cana-de-açúcar.

A redução do teor de lignina (LIG) da cana fresca em relação à ensilada observada neste estudo não corrobora os resultados obtidos por outros autores (BALIEIRO NETO et al., 2007), os quais não observaram variação da LIG após a abertura dos silos.

A fração fibrosa da silagem em relação à cana fresca não teve variação significativa, o que indica que não houve durante os trinta dias de fermentação consumo significativo de açúcares solúveis e perdas significativas por respiração. Segundo Rotz e Muck (1994), a perda de carboidratos solúveis por respiração e fermentações indesejáveis provoca aumento da participação percentual da fração fibrosa na forragem.

O valor de extrato não nitrogenado não sofreu alteração significativa após os trinta dias de ensilagem da cana. De acordo com Lucci et al. (2006), o valor de ENN tende a diminuir com o processo de ensilagem, provavelmente devido à utilização dos açúcares solúveis. Ainda segundo os mesmos autores, observa-se aumento na matéria mineral (MM) da cana ensilada em relação à não ensilada. Tais achados corroboram os resultados obtidos no presente experimento. No presente experimento ainda observa-se diminuição do Ca e aumento do P com a ensilagem da forragem.

Lucci et al. (2006) observaram aumento no teor de extrato etéreo (EE) com a ensilagem da cana-de-açúcar. No entanto, o presente trabalho não apresentou variação significativa no EE da cana antes e depois da ensilagem.

O pH foi reduzido com a ensilagem da cana-de-açúcar, em virtude da produção de ácidos graxos orgânicos durante o processo de fermentação. Tal acontecimento é registrado na literatura (SIQUEIRA et al., 2007b).

7. Composição Bromatológica da cana IAC 86-2480 hidrolisada com cal virgem e ensilada

7.1 Matéria Seca (MS)

Siqueira et al. (2007b) observaram aumento no teor de matéria seca (MS) de silagens tratadas com aditivo alcalinizante (no caso os autores usaram 1% de hidróxido de sódio) em relação à silagem não tratada. O mesmo ocorreu neste estudo, com todas as doses testadas. Bravo-Martins et al. (2006) trabalhando com 1% de sulfato de amônia, observou valores de 20,56 e 21,78, nas silagens de cana controle e tratada, respectivamente.

Cavali et al. (2006) utilizando cal hidratada obtiveram aumento linear nos teores de MS da cana-de-açúcar ensilada com os níveis de aditivos empregados (0; 0,5; 1; 1,5 e 2%). Segundo os mesmos, tal fato pode ser explicado pela capacidade de retenção de água da cal, resultando em menor produção de efluente, variável não mensurada no presente estudo.

Balieiro Neto et al. (2005b) avaliando o efeito de doses de cal virgem em silagens de cana, observaram perdas totais e recuperação de MS de 20 e 80% respectivamente, para silagens tratadas com 2% de cal virgem. Seguindo a mesma tendência, Oliveira et al. (2004) encontraram recuperações de MS de 77% para as silagens dessa forrageira aditivadas com 0,5% de cal hidratada contra 72,1% para o tratamento controle.

Segundo Santos (2007), a conservação do teor de matéria seca e a maior recuperação dessa fração nas silagens tratadas com o alcalinizante podem ser explicadas pela redução da produção de gases nessas silagens, fato comprovado em seu estudo. Os autores ainda afirmam que esses acontecimentos são indicativos de baixa atividade de microorganismos espoliadores.

7.2 Proteína Bruta (PB)

Bravo-Martins et al. (2006) obtiveram aumento no teor de proteína bruta (PB) da silagem de cana-de-açúcar tratada com 1% (8,63% PB) de sulfato de amônia em relação à silagem não tratada (4,07% PB). Provavelmente esse aumento foi devido à maior concentração de nitrogênio não protéico e/ou a possíveis perdas da fração solúvel. O contrário foi observado no presente estudo e também no estudo de Cavali et al. (2006), onde foi observada uma diminuição linear nos teores de PB das silagens de cana tratadas com diferentes doses de cal. Amaral (2007) também encontrou menor valor de PB na silagem de cana tratada previamente com 1% de cal virgem. Já no experimento de Siqueira et al. (2007b), os autores trabalharam com 1% de hidróxido de sódio e não obtiveram variação nos teores de PB das silagens tratadas ou não.

A diminuição da PB nas amostras com cal pode ser atribuída à manutenção do pH da ensilagem a valores mais altos (4,5; 4,79 e 5,21, respectivamente para os grupos hidrolisados com 1; 1,5 e 2% de CaO). Pois segundo McDonald et al., (1991) baixos teores de PB são observados quando ocorre perda de amônia pela ação proteolítica das enzimas nas células da forragem e pelas enterobactérias e clostrídeos que atuam enquanto o pH da silagem não é suficientemente baixo.

7.3 Fibra em Detergente Ácido (FDA)

A fibra em detergente ácido (FDA) obteve um valor estatisticamente menor na silagem hidrolisada com 2% de aditivo em relação à não hidrolisada. Esses achados estão em consoante com os obtidos por Balieiro Neto et al. (2007). Segundo esses autores, as silagens com 2% de cal virgem apresentaram teores de FDA inferiores aos das silagens com 0,5 e 1% de aditivo. Os autores não estão de acordo com o presente estudo, onde não foi observada diferença entre os níveis de cal empregados (1; 1,5 e 2%). No trabalho de Cavali et al. (2006) com doses de 1,49% de cal, os autores obtiveram valores mínimos de fibra em detergente ácido. O mesmo aconteceu com Balieiro Neto et al. (2005c) nas silagens de cana-de-açúcar

tratadas com 2% de cal virgem. Amaral (2007) trabalhou com 1% de cal virgem e também obteve valor de FDA menor para esse grupo quando comparado ao grupo controle.

A tendência da silagem sem aditivos à exposição aeróbia é perder seus açúcares solúveis e conseqüentemente aumentar suas frações fibrosas. Santos (2007) constataram que com 1,5% de óxido de cálcio as silagens expostas ao ar obtiveram melhor estabilidade de sua fração fibrosa, ocorrendo ainda valores diminuídos de FDA, FDN e hemicelulose.

7.4 Fibra em Detergente Neutro (FDN)

O teor de fibra em detergente neutro (FDN) da silagem não aditivada foi superior aos da silagem com aditivo (cerca de 30% maior). Isso pode ser reafirmado por Balieiro Neto et al. (2007) que obtiveram diminuição de aproximadamente 22% no teor de FDN da silagem de cana adicionada de 2% de cal (49,47% de FDN) em relação à silagem não hidrolisada (63,34% d FDN). Os autores não observaram diferença estatística entre os níveis 0,5 e 1% de cal no teor de FDN, porém observaram que com 2% do aditivo obtiveram o menor valor. Já no presente trabalho não se observou variação entre nenhum dos níveis (1; 1,5 e 2%) de cal aplicados. Ainda segundo esses autores, o aditivo retarda o aumento dos teores de FDN após a abertura do silo, devido à preservação dos carboidratos solúveis remanescentes da ensilagem.

Cavali et al. (2006) avaliaram a hidrólise da cana com cal hidratada nas porcentagens de 0,5; 1; 1,5 e 2% e obtiveram redução significativa nos valores de FDN, principalmente nas maiores doses do aditivo.

Os valores de FDN encontrados nas silagens com cal foram ainda menores do que os encontrados por Pedroso et al. (2007), os quais utilizaram hidróxido de sódio (NaOH) para a hidrólise alcalina da cana e obtiveram 55,4 % de FDN no grupo hidrolisado com 1% de NaOH.

Balieiro Neto et al. (2005c) trabalharam com cana ensilada com 2% de cal virgem e exposta ao ar por nove dias. Os autores não observaram variação da

fração FDN e hemicelulose, comprovando que o aditivo melhorou a estabilidade da silagem e reduziu as perdas de carboidratos solúveis.

7.5 Nutrientes Digestíveis Totais (NDT)

Os teores de nutrientes digestíveis totais aumentaram significativamente com a adição de maiores doses de cal virgem. Esse fato se deve à maior solubilização de nutrientes, principalmente constituintes da parede celular. Pois observou-se que com maiores níveis de cal obtiveram-se menores valores de fração fibrosa e maiores valores de cinzas e matéria seca. O que comprova que a hidrólise foi capaz de solubilizar mais nutrientes na silagem além de impedir consumo desses elementos durante a fermentação (LOPES, 2006).

7.6 Lignina (LIG)

Em seu trabalho, Balieiro Neto et al. (2007) observaram redução no teor de lignina apenas na silagem hidrolisada com 2% de cal virgem. Já no presente experimento, foram observadas reduções significativas nos teores de LIG das silagens aditivadas com 1,5 e 2% de cal. Contrariamente, Amaral (2007) trabalhando com 1% de cal virgem, não observou diferença significativa referida ao teor de LIG entre a silagem controle (7,4% de LIG) e a silagem tratada previamente com o aditivo (7,0%). O mesmo aconteceu com Cavali et al. (2006), os quais não reportaram variação nos teores de LIG com a adição de cal hidratada nas porcentagens de 0; 0,5; 1; 1,5 e 2% da forragem verde.

Van Soest (1987) mencionou que, durante o tratamento alcalino, parte da lignina e da sílica pode ser dissolvida, melhorando assim a qualidade da fibra e reduzindo seus componentes insolúveis.

7.7 Celulose (CEL)

Amaral (2007) não observou efeito significativo da adição de 1% de cal virgem antes da ensilagem da cana-de-açúcar nos teores de celulose das amostras. Porém, no presente trabalho constatou-se uma diminuição no valor desta variável com todas as doses de cal testadas (1; 1,5 e 2%), contudo não se observou diferença entre os níveis empregados. Segundo alguns autores (JACKSON, 1977; CAVALI et al., 2006) a cal virgem, ou outras substâncias alcalinizantes, atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovendo o fenômeno conhecido como intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão dessas moléculas, causando a ruptura das ligações de pontes de hidrogênio, aumentando a digestão desta e da hemicelulose

7.8 Hemicelulose (HEM)

Contrariamente aos resultados de Balieiro Neto et al. (2007) que não observaram efeito da adição de cal virgem na cana variedade IAC 86-2480 sob a hemicelulose (HEM), a porcentagem de HEM observada neste estudo caiu bruscamente nas silagens em que se adicionou CaO, principalmente nas doses 1 e 1,5% da matéria fresca. Redução linear da HEM foi observada por Cavali et al. (2006) que estimaram reduções de 3,3 unidades por unidade de cal adicionada. Os autores atribuem o acontecido à ação degradante dos álcalis sobre as ligações ésteres entre ácidos fenólicos e glicídios da parede celular expondo mais hemicelulose e também celulose, aos microorganismos ruminais, contribuindo para aumento na digestibilidade da cana-de-açúcar.

Santos (2007) e Amaral (2007) encontraram diminuições significativas para a variável hemicelulose em silagens tratadas previamente com 1% de cal virgem. Os autores obtiveram 17,16 contra 23,32% e 26,4 contra 22,3% de HEM para a silagem com 1% de cal e para a silagem controle, respectivamente.

7.9 Extrato Etéreo (EE)

O teor de extrato etéreo não variou grandemente, porém observou-se uma leve diminuição dessa fração com a adição de cal. Não houve efeito significativo dos diferentes níveis de aditivo empregados. O extrato etéreo na silagem respondeu com o mesmo comportamento daquele assumido pelo EE na forragem fresca hidrolisada.

7.10 Extrato Não Nitrogenado (ENN)

Quando comparada à silagem controle, a utilização de fontes de óxido ou carbonato de cálcio no momento da ensilagem reduziu as perdas totais e gasosas e inibiu a fermentação alcoólica (AMARAL, 2007; SANTOS, 2007), reduzindo dessa forma os produtos gás carbônico e água e o consumo de açúcares solúveis. Tal perfil das silagens corrobora o relativo aumento da fração do extrativo não nitrogenado.

Uma vez que a hidrólise reduziu as frações fibrosas das silagens tratadas e disponibilizou maior quantidade de nutrientes digestíveis, era de se esperar o aumento na fração de extrato não nitrogenado das silagens.

7.11 Matéria Mineral (MM)

O aumento no teor da matéria mineral (MM) das silagens tratadas era esperado, levando em conta a quantidade de mineral presente no aditivo. A alteração da fração mineral observada nas forragens tratadas sugere redução da atividade de água desses materiais, proporcionando ambiente desfavorável para o desenvolvimento de leveduras (SANTOS, 2007).

Amaral (2007) também constataram aumento no teor de MM de silagens de cana-de-açúcar tratadas com 1% de cal virgem. O autor obteve 7,3% de cinzas na MS da silagem controle contra 10,8% na silagem tratada.

7.12 Cálcio (Ca) e Fósforo (P)

Os valores de cálcio e fósforo das silagens aumentaram, o que já era esperado. Esses minerais aumentaram seu valor devido à concentração dos mesmos contida na cal virgem. Os teores de Ca e o P, assim como na forragem fresca, sofreram influência direta da adição de cal.

7.13 Ácidos Graxos Voláteis (AGV)

Os teores de ácidos graxos voláteis (AGV) são bastante variáveis.

O teor de ácido acético da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo apresentado no presente estudo (3,84% da MS) foi menor do que aquele encontrado por Maldonado em 2007 (6,08% da MS) com a cana-de-açúcar variedade RB 72-454 sem aditivo e maior do que aquele encontrado por Amaral (2007) (1,3%) e por Schmidt et al. (2007a) na silagem de cana RB 78-5841 (2,18%).

No caso do ácido butírico (0,43%) seu teor se mostrou superior aos encontrados por Maldonado em 2007 (0,09%) e por Schmidt et al. em 2007a (0,06%). No entanto, ficou mais próximo daquele obtido por Amaral em 2007 (0,2%).

O teor de ácido propiônico (8,1%) foi maior que os encontrados por Schmidt et al. (2007a) e Maldonado (2007) (0,23 e 0,03%, respectivamente).

O valor do ácido láctico (3,93%) se aproximou dos valores obtidos por Freitas et al. (2006b), Maldonado (2007) e Queiroz et al. (2008) (sendo os valores obtidos pelos autores 4,3; 4,94 e 3,08%, respectivamente) e foi maior do que o obtido por Schmidt et al. (2007a) (1,08%).

Segundo Maldonado (2007), silagens de boa qualidade apresentam altas proporções de ácido láctico e mínimas proporções de ácido butírico. A silagem de cana sem aditivo obteve esta característica, porém a adição de cal, principalmente nas maiores doses (1,5 e 2%) inverteu o perfil desses ácidos nas silagens, tornando o teor de ácido butírico superior ao teor de ácido láctico. Contudo, observa-se aumento do ácido láctico com a adição de CaO, principalmente na dose de 1,5% da

matéria verde. Santos (2007) também constatou aumento no teor desse ácido com o tratamento alcalino da cana-de-açúcar antes da silagem.

Bravo-Martins et al. (2006) estudaram as populações de microorganismos em silagens de cana-de-açúcar e verificaram a presença 81 cepas de leveduras. De acordo com os autores, a maioria das cepas assimilou o lactato como substrato em culturas isoladas e em anaerobiose. Uma vez que a hidrólise com a cal (até 1,5% da matéria verde) aumentou o teor de ácido láctico, pode-se afirmar que nessas doses em que foi utilizado o aditivo não inibiu as bactérias ácido-láticas presentes na massa ensilada. No entanto, observa-se que com a adição de 2% de óxido de cálcio o aumento no teor desse ácido foi estatisticamente insignificante, quando comparado ao grupo controle. Isso pode ser explicado devido ao aumento brusco do pH nessa dosagem do aditivo, que subiu de 3,85 para 5,39. Em consoante com MC Donald et al. (1991) as bactérias ácido lácticas apresentam condições ideais para seu desenvolvimento e enquanto o pH está mais alto são as enterobactérias que estão presentes acidificando o meio.

A elevação dos valores de pH e o provável aumento do poder tamponante, foram os principais fatores que determinaram o padrão fermentativo das silagens tratadas com cal, o que deu condições ao desenvolvimento de microorganismos como bactérias heterofermentativas e clostrídeos (AMARAL, 2007). Segundo Pahlow et al. (2003) os clostrídeos convertem açúcares em ácido butírico e também utilizam os ácidos láctico e acético como substratos para esta conversão. Como observado no presente estudo, a adição da cal, principalmente nas maiores doses, diminuiu a concentração de ácido acético e aumentou as concentrações dos ácido butírico e propiônico.

Em consoante com Siqueira et al. (2007a) e Siqueira et al. (2007b), o ácido acético tem como função nas silagens inibir o crescimento de leveduras, o que é importante, pois as leveduras são as principais responsáveis pela produção de CO₂ durante a fermentação dos carboidratos solúveis a etanol, o que causa perdas na MS da silagem. Observou-se no presente estudo que as crescentes doses de CaO reduziu expressivamente o teor desse ácido nas silagens.

Amaral em 2007 observou aumento nos teores dos ácidos acético e butírico com a adição de 1% de cal na silagem, obtendo valores de 1,6 contra 1,3 e 3,1

contra 0,2% no grupo controle e no tratado para esses ácidos, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com o aumento do ácido butírico na presença da cal virgem ocorrido neste experimento, porém contrariam a diminuição concomitante do ácido acético.

7.14 Nitrogênio Amoniacal (N-NH₃) e pH

Maldonado (2007) encontrou 1,4% de nitrogênio amoniacal (% do NT) na silagem de cana RB 72-454, valor inferior ao observado no presente experimento (6,91% do NT). Schmidt et al (2007a) analisando silagem de cana armazenada por 90 dias também encontraram valores de N-NH₃ inferiores (1,75-1,91% NT) ao encontrado neste estudo. Lopes (2006) avaliou os parâmetros fermentativos em silagem de cana-de-açúcar após 180 dias de armazenamento e observou produção de nitrogênio amoniacal de 2,06% para o tratamento sem aditivos.

Na ensilagem da cana-de-açúcar, a presença de amônia pode consistir uma vantagem, em virtude do controle de laveduras (SIQUEIRA et al., 2007b). No presente estudo houve um aumento de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) nas silagens tratadas previamente com 1 e 1,5% de cal virgem. Tal fato contradiz os resultados obtidos por Siqueira et al., (2007b), os quais não observaram variação entre o N-NH₃ da silagem de cana-de-açúcar (SP 70-1143) tratada com 1% de hidróxido de sódio (3,3% de N-NH₃ na % do N total) e da silagem controle (2,9% de N-NH₃). Os autores constataram ainda que as silagens tratadas previamente com a NaOH, tiveram as menores perdas por gases.

Cavali et al. em 2006, obtiveram aumento significativo no nitrogênio amoniacal com adição de 0,5 e 1% de cal à cana, porém obtiveram redução expressiva dessa variável com 2% de cal. Resultados semelhantes foram obtidos neste trabalho. Segundo Benacchio (1965), que classificou a silagem quanto ao teor de N-NH₃ em relação ao nitrogênio total, essa é considerada como muito boa, quando os valores são inferiores a 10%, adequada, quando entre 10 e 15%, aceitável, entre 15 a 20% e insatisfatórias quando os valores se situam acima de 20%. De acordo com a classificação dos autores as silagens aqui encontradas se enquadram entre “muito boa” e “adequada”.

A adição da cal virgem proporcionou aumento do pH das silagens, principalmente nas doses mais altas (1,5 e 2%). Tal resultado corrobora o trabalho realizado por Siqueira et al. (2007b) que encontrou os valores de pH 3,7 para a silagem controle contra 4,6 para silagem aditivada com 1% de NaOH.

É retratado pela literatura (AMARAL, 2007; SIQUEIRA et al., 2007a; DOMINGUES et al., 2006) que o tratamento da cana com aditivo alcalino resulta em silagens com pH mais elevado. Em consoante com Domingues et al. (2006), altos valores de pH atingidos com a utilização da cal podem ser responsáveis por diminuir o desenvolvimento de leveduras na cana-de-açúcar. Possivelmente, a ação alcalinizante, por meio da elevação dos valores de pH no momento da ensilagem e pela capacidade de aumento na pressão osmótica do meio, fez com que o ambiente antes favorável ao desenvolvimento desses microorganismos se tornasse inapropriado (AMARAL, 2007).

O controle da presença de leveduras é um fator interessante, porque estes microrganismos estão associados à deterioração aeróbia de materiais ricos em carboidratos, como é o caso da cana. Segundo Rotz e Muck (1994), altas contagens de leveduras causam a deterioração das silagens expostas ao ar durante a estocagem ou após a abertura dos silos, promovendo aumento do risco de desenvolvimento de microrganismos patogênicos, como a *Listeria monocytogenes*.

Santos (2007) ao analisar a relação entre pH e ácido láctico constatou que silagens com menor pH apresentaram menores concentrações desse ácido. Segundo o autor, o tratamento da cana com 1% de cal virgem resultou em silagens com altos valores de pH e, conseqüentemente maiores concentrações de ácido láctico. O alto valor do pH produz o tamponamento dos ácidos produzidos pela fermentação, o que serve de estímulo para a maior conversão dos açúcares solúveis em ácido láctico e com isso, evitar a produção de etanol. Amaral (2007), obteve redução de 72% na produção de etanol da silagem tratada com 1% de cal virgem quando comparada a silagem não tratada.

8. CONCLUSÕES

A hidrólise com a cal virgem, tanto na cana-de-açúcar fresca quanto na ensilada, promoveu melhoria no valor nutritivo dessa forragem, pois reduziu os componentes fibrosos da parede celular, principalmente a FDN, que é tida como pouco digestível na cana.

Para as silagens hidrolisadas previamente, as doses de 1 e 1,5% de cal foram as mais eficientes para aumentar, MS, MM e ENN e diminuir FDA, FDN, LIG, CEL e HEM.

A adição de cal virgem, principalmente nas maiores dosagens, diminuiu a concentração de ácido acético e aumentou as concentrações dos ácidos propiônico, butírico e láctico. Também aumentaram o pH e o nitrogênio amoniacal.

9. IMPLICAÇÕES

Cada vez mais a cana-de-açúcar vem tomando espaço geográfico de áreas brasileiras dantes habitadas por pastagens e pela agricultura. Em contrapartida, a produção de bovinos não pára de crescer devido à demanda alimentícia. Condizente com a realidade, este trabalho vem validar algumas técnicas de manejo dessa forrageira como alimento para o gado.

10. REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, E.; AGUILERA, A.; ELLIOT, R.; SHIMADA, A. Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvested fresh and ensiled with and without NaOH. 4. Ruminant Kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 23, p. 323-331, 1989.

AMARAL, R. C. **Avaliação de aditivos químicos sobre as perdas e valor alimentício das silagens de cana-de-açúcar para ovinos**. 2007. 165p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

AMARAL NETO, J.; OLIVEIRA, M. D. S.; LANÇANOVA, J. A. C.; BETTI, V.; VIEIRA, P. F. Composição químico-bromatológica da silagem de cana-de-açúcar sob diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000. Viçosa, **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROM.

ANDRARE, J. B.; FERRARI JUNIOR, E. Composição química da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e diferentes doses de hidróxido de sódio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais ...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1 CD-ROM.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G. R.; NOGUEIRA, J. R.; REIS, R. A.; SILVA, D. N.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Perdas na silagem da cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005b. Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005b. 1 CD-ROM.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G. R.; NOGUEIRA, J. R.; REIS, R. A.; SILVA, D. N.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar cv. IAC 86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio antes e depois da ensilagem e com 3, 6 e 9 dias após abertura do silo. In: REUNION DE LA ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 19., 2005c. Tampico. **Anais...** Tampico, Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 2005c. 1 CD-ROM.

BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; NOGUEIRA, J. R.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, 2007.

BOIN, C.; TEDESCHI, L. O. Cana-de-açúcar na alimentação de gado de corte. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993.

BRAVO-MARTINS, C. E. C.; CARNEIRO, H.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H.; FIGUEIREDO, H. C. P.; SCHWAN, R. F. Chemical and microbiological evaluation of ensiled sugar cane with different additives. **Brasilian Journal of Microbiology**, v. 37, p. 499-504, 2006.

CAVALI, J.; PERERA, O. G.; SOUSA, L. O.; PENTEADO, D. C. S.; CARVALHO, I. P. C.; SANTOS, E. M.; CEZÁRIO, A. Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas "1". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1 CD-ROM.

DEMARCCHI, J. O uso da cana-de-açúcar como recurso forrageiro. In: SIMPÓSIO DE MANEJO DE PASTAGENS, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001. 1 CD-ROM.

DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA, M. D. S.; SIQUEIRA, G. R.; ROTH, A. P. T. P.; SANTOS, J.; ANDRADE, A. T.; MONTEIRO, R. R.; ROTHM. T. P.; MAGARIO, F. B. Efeitos das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microrganismos da cana-de-açúcar "in natura". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1 CD-ROM.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Perfil de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1 CD-ROM.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L.; MENDES, A. R.; PEREIRA, E. M. O.; FATURI, C.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; FEITOSA, J. V. Processamento da cana-de-açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1704-1710, 2005.

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 variedades de cana-de-açúcar (*Sacchrum*

spp L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 1701-1704, 2003.

FERNANDES, A. R. M.; SAMPAIO, A. A. M.; HENRIQUE, W.; PERECIN, D.; OLIVEIRA, E. A.; TÚLLIO, R. R. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, Viçosa, 2007.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular na nutrição de não-ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1994. p. 85. 1 CD-ROM.

FERREIRA, D. A.; GONÇALVES, L. C.; MOLINA, L. R.; CASTRO NETO, A. G.; TOMICH, T. R. Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 423-433, 2007.

FREITAS, A. W. P.; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F. C.; DETMANN, E.; RIBEIRO, M. D.; COSTA, M. G.; LEONEL, F. P. Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 48-59, 2006b.

JACKSON, M. G.; Review articles: the alkali treatment of crops residues. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 2, n. 2, p. 105-130, 1977.

KLOPFENSTEIN, T. J. Chemical treatment of crops residues. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 46, n. 2, p. 841-848, 1978.

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M. A.; BIDOIA, M. A. P.; ROSSETO, R.; MARTINS, A. L. M.; GALLO, P. B.; KANTHACK, R. A. D.; CAVICHIOLI, J. C.; VASCONCELOS, A. C. M.; XAVIER, M. A. A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal. **Boletim Técnico IAC**, Campinas, n. 193, p. 36, 2002.

LIMA, M. L. M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos**. 2003. 118p. Tese (Doutorado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

LOPES, J. **Qualidade da cana-de-açúcar elaborada com diferentes aditivos**. 2006. 85p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

LUCCI, C. S.; VALVASORI, E.; CAPEZZUTO, A.; LOPES, R.; FONTOAN, V.; PEIXOTO JUNIOR, K. C. Digestibilidade *in situ* de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) nas formas natural ou ensilada, adicionadas ou não de uréia. **Braslian Journal of Veterinarian Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 502-509, 2006.

MALDONADO, J. G. M. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle da fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 100p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

McDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. The biochemistry of silage. 2ª Ed. Mallow: Chalcombe Publications, 1991. 340 p.

MELLO, S. Q. S.; FRANÇA, A. F. S.; LIMA, M. L. M.; RIBEIRO, D. S.; MIYAGI, E. S.; REIS, J. G. Parâmetros do valor nutritivo de nove variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 7, n. 4, p. 373-380, out/dez, 2006.

MELO, A. A. et al. **Efeito de Bactérias Heterofermentativas (*Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788) e Homofermentativas (*Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus pentosaceus*) sobre a Qualidade da Silagem de uma Cana forrageira (CV. IAC 86-2480)**. 2004. Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras (UFLA) como parte da exigência do Curso sobre Produção Animal. UFLA: Lavras, 2004.

MIYAZAKI, M. K.; MELO, G. M. P.; COAN, R. M.; GARCIA, G. R.; ROTH, A. P. T. P.; REIS, A. R. Características químicas e dinâmica de fungos e leveduras na cana-de-açúcar tratada com NaOH. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1 CD-ROM.

MORAES, K. A. K.; FILHO, S. C. V.; MORAES, E. H. B. K. et al. Desempenho de novilhas mestiças recebendo dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada com óxido de cálcio e diferentes níveis de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1 CD-ROM.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of domestic animals. Nutrient requirements of dairy cattle**, 6. ed. revisada Washington: National Academy of Science, 1989. 157p.

NETO, G. B.; SIQUEIRA, G.; NOGUEIRA, J. R. Perdas na ensilagem da cana-de-açúcar cv iac 86/2480 ("Saccharum officinarum L.") com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42a . Goiânia, GO. 2005. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. 1 CD-ROM.

NIEBLAS, T. D.; SHIMADA, A. S.; PALACIOS, J. T. Manipulación de la fermentación en ensilaje de caña de azúcar y valor alimenticio para borregos. 3. Digestibilidad aparente. **Veterinaria México**, Cidade do México, v.13, p.23-26, 1982.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A. L.; MARI, L. J. Cana de açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Lavras, 2006. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, B. S. Y.; ALVES, J. B.; BERGAMASCHINE, A. F.; ISEPON, O. J.; BASTOS, J. F. P. Desempenho de bovinos terminados em confinamento com diferentes volumosos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, M. D. S.; TOSI, H.; SAMPAIO, A. A. M.; VIEIRA, P. F.; SANTIAGO, G. Avaliação de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tempos de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1435-442, 1999.

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 Veterinária**, v. 18, n. 2, p. 167-173, 2002.

OLIVEIRA, M. W.; MENDES, L. C.; MARQUES, W. P.; ROZANE, D. E.; SILVEIRA, L. C. I.; ALBINO, G. D. Adição de hidróxido de cálcio à silagem de cana. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 9., 2004, Brasília: ZOOTEC, 2004.

OLIVEIRA, M. S.; SHINODA, J.; BODRICK, R.; SANTOS, J.; LOPES, A. D.; SILVA, T. M.; OLIVEIRA, I. S.; MOTA, D. A.; BRITO, D. R. B. Efeito da hidrólise com a cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006A. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006a. 1 CD-ROM.

OLIVEIRA, M. S.; SHINODA, J.; BODRICK, R.; SANTOS, J.; LOPES, A. D.; SILVA, T. M.; OLIVEIRA, I. S.; MOTA, D. A.; BRITO, D. R. B. Efeito da hidrólise com a cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006B. João Pessoa, **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006b. 1 CD-ROM.

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. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 41-50, 2007.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America, 2003. p. 31-94.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos como inibidores da produção de etanol em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2003. 120p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F. LOURES, D. R. S.; IGARASI, M. S.; COELHO, R. M.; PACKER, I. H.; HORII, J.; GOMES, L. H. Dinâmica da fermentação e da microflora epífita em silagem de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, p.427-432, 2005.

PEDROSO, A. F.; NUSSIO, L. G.; LOURES, D. R. S.; PAZIANI, S. F.; IGARASI, M. S.; COELHO, R. M.; HORII, J.; RODRIGUES, A. A. Efeito do tratamento com aditivos

químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007.

PINTO, A. P.; PEREIRA, E. S.; MIZUBUTI, I. Y. Características nutricionais e formas de utilização da cana-de-açúcar na alimentação de reuminantes. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 73-84, 2003.

QUEIROZ, O. C. M.; NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J. L.; SANTOS, M. C.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 2, p. 358-365, 2008.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEREIRA, J. R. A.; BONJARDIM, S. R. Amonização de resíduos de culturas de inverno. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 5, p. 787-793, 1993.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A.; PEDROSO, P. Avaliações de fontes de amônia para o tratamento de volumosos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 486-493, 1995.

REIS, J. A. G., REIS, W., MACEDO, V. P.; SOUSA, M. M. Diferentes níveis de uréia adicionados à cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) no momento de sua hidrólise alcalina. **PUBVET**, v. 2, n. 4, Jan4, 2008. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=129>>. Acesso em: Março de 2008.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R.; LANDELL, M. Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Piracicaba, 2001. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. 1 CD-ROM.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R.; LANDELL, M. Qualidade de nove variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1 CD-ROM.

ROSSI JUNIOR, P.; SHOGOR, A. L. B. Degradabilidade *in situ* da cana-de-açúcar ensilada com uréia e milho em diferentes proporções. **Archives of Veterinary Science**, v. 11, n. 3, p. 15-18, 2006.

ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JR., G. C.; COLLINS, M.; MERTENS, D. R.; MOSER, L. E. **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 828-868.

SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B.; MARI, L. J.; QUEIROZ, O. C. M.; RIBEIRO, J. L.; SCHMIDT, P.; ZOPOLLATO, M.; SOUSA, D. P.; TOLEDO FILHO, S. G.; SARTURI, J. O. Avaliação de constituintes da parede celular de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) "in natura" tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006. 1 CD-ROM.

SANTOS, M. C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SCHMIDT, P.; MARI, L. J.; NUSSIO, L. G.; PEDROSO, A. F.; PAZIANI, S. F.; WECHSLER, F. S. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1666-1675, 2007a.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G.; ZOPOLLATTO, M.; RIBEIRO, J. L.; SANTOS, V. P.; PIRES, A. V. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 2. Parâmetros Ruminais e degradabilidade da matéria seca e das frações fibrosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1676-1684, 2007b.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 1990. 165p.

SILVA, R. A.; CACERE, E. R.; DIAS, A. C. S.; RIBEIRO, C. B.; SOUZA, A. R. D. L.; VASCONCELOS, P. C.; MORAIS, M. G.; FRANCO, G. L. Efeito da adição de cal hidratada na cana-de-açúcar picada sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1 CD-ROM.

SILVA, T. M.; OLIVEIRA, M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M. et al. Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade ruminal *in vitro*. In:

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. 1 CD-ROM.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; BERNARDES, T. F.; PIRES, A. J. V.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 789-798, 2007a.

SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; PIRES, A. J. V.; BERNARDES, T. F.; AMARAL, R. C. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007b.

SIQUEIRA, G. R.; SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; PIRES, A. J. V.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Interações entre inoculantes microbianos e aditivos químicos na fermentação e na estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004a. 1 CD-ROM.

THIAGO, L. R. L.; VIEIRA, J. M. Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico nº 73, dez. de 2002. Disponível em: www.ebrapagadodecorte.com.br/ Acesso em 20/10/2007

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Corvallis: O & B Books, 1987. 373p.

VILELA, M. S.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; MELO, A. A. S.; RAMALHO, R. P.; ARAÚJO, P. R. B. Avaliação de diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana-de-açúcar: desempenho e digestibilidade. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 3, 2003.