

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIFERENTES TIPOS DE CALES NA HIDRÓLISE DA CANA-DE-AÇÚCAR  
IAC 86-2480**

**Diego Azevedo Mota**  
Zootecnista

Jaboticabal – São Paulo – Brasil  
**Janeiro de 2008**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DIFERENTES TIPOS DE CALES NA HIDRÓLISE DA CANA-DE-AÇÚCAR  
IAC 86-2480**

**Diego Azevedo Mota**

Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia (Produção Animal).

Jaboticabal – São Paulo – Brasil  
**Janeiro de 2008**

M917d Mota, Diego Azevedo  
Diferentes tipos de cales na hidrólise da cana-de-açúcar in  
natura iac 86-2480 / Diego Azevedo Mota. -- Jaboticabal, 2008  
x, 54 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008

Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira

Banca examinadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel, Maria  
Lúcia Perreira Lima

Bibliografia

1. Valor Nutritivo. 2. Cal virgem. 3. Cal hidratada. I. Título. II.  
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.087:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Diego Azevedo Mota** – Filho de Lázaro Azevedo da Mota e Meyre Luce Silva Mota, nascido em 09 de julho de 1981, na cidade de Patos de Minas – MG. Em Março de 2001 ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista - Unesp - Campus de Jaboticabal., onde foi membro bolsista do grupo PET – Zootecnia de agosto de 2002 a julho de 2005, obtendo o título de Zootecnista em dezembro de 2005. Em março de 2006 ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia e em outubro de 2007 foi selecionado para ingressar no curso de Doutorado em Zootecnia, ambos na mesma instituição.

**Se você pensa que é um derrotado,  
Você será derrotado.  
Se não pensar “quero a qualquer custo!”  
Não conseguirá nada  
Mesmo que você queira vencer  
Mas pensa que não vai conseguir  
A vitória não sorrirá pra você.**

**Se você fizer as coisas pela metade,  
Você será fracassado  
Nós descobriremos neste mundo  
Que o sucesso começa pela intenção da gente  
E tudo se determina pelo nosso espírito**

**Se você pensa que é um malgrado,  
Você se torna como tal  
Se almeja atingir uma posição mais elevada,  
Deve, antes de obter a vitória,  
Dotar-se da convicção de que  
Conseguirá infalivelmente.**

**A luta pela vida nem sempre é vantajosa  
Aos fortes nem aos espertos.  
Mas cedo ou mais tarde, quem cativa a vitória  
É aquele que crê permanentemente  
Eu conseguirei!**

**Napoleon Hill**

## ***DEDICO***

A DEUS, pela vida, pela saúde, pelo lar, pelos amigos, pela coragem nos momentos difíceis, por iluminar meu caminho e guiar meus passos na direção certa.

A meu pai, Motinha (in memória) que mesmo não estando presente foi com certeza a maior razão de todo o meu esforço. Como queria ver pelo menos um sorriso de orgulho seu ao me ver conquistar mais essa vitória.

À minha mãe, Meyre, por todo amor e incentivo e por demonstrar a todo o momento que devemos agarrar as oportunidades como se fosse o ultimo prato de comida da sua vida. Você é uma guerreira!

Aos meus irmãos, Douglas e Daniel, pelo carinho e amizade. Vocês não sabem disso, mas muitas vezes me espelhava em vocês dois, pois apesar de sermos totalmente diferentes admiro muito a inteligência que vocês tem. Obrigado por vocês existirem

E aos meus tios Vicente e Verônica que além de muito carinho me deram a oportunidade de lutar pelo meu maior tesouro, meu conhecimento. Aproveito de deixar registrado a minha eterna gratidão.

***AMO TODOS VOCÊS***

## ***AOS MEUS AMIGOS***

Um dia a maioria de nós irá se separar. Sentiremos saudades de todas as conversas jogadas fora, as descobertas que fizemos, dos sonhos que tivemos, dos tantos risos e momentos que compartilhamos...

Saudades até dos momentos de lágrima, da angústia, das vésperas de finais de semana, de finais de ano, enfim... do companheirismo vivido... Sempre pensei que as amizades continuassem para sempre...

Hoje não tenho mais tanta certeza disso. Em breve cada um vai pra seu lado, seja pelo destino, ou por algum desentendimento, segue a sua vida, talvez continuemos a nos encontrar, quem sabe... nos e-mails trocados...

Podemos nos telefonar... conversar algumas bobagens. Aí os dias vão passar... meses... anos... até este contato tornar-se cada vez mais raro. Vamos nos perder no tempo...

Um dia nossos filhos verão aquelas fotografias e perguntarão: Quem são aquelas pessoas? Diremos que eram nossos amigos. E... isso vai doer tanto!!! Foram meus amigos, foi com eles que vivi os melhores anos de minha vida!

A saudade vai apertar bem dentro do peito. Vai dar uma vontade de ligar, ouvir aquelas vozes novamente... Quando o nosso grupo estiver incompleto... nos reuniremos para um último adeus de um amigo. E entre lágrima nos abraçaremos...

Faremos promessas de nos encontrar mais vezes daquele dia em diante. Por fim, cada um vai para o seu lado para continuar a viver a sua vidinha isolada do passado... E nos perderemos no tempo...

Por isso, fica aqui um pedido deste humilde amigo: não deixes que a vida passe em branco, e que pequenas adversidades sejam a causa de grandes tempestades...

Eu poderia suportar, embora não sem dor, que tivessem morrido todos os meus amores... mas enlouqueceria se morressem todos os meus amigos!!!

E pra vocês: Fabio (Magro), Julio (Glicose), Estevão (Carcaça), Ivan (Matuto), João Vitor (Corin), Ismael (Taioba), Pedro (Babosa) Paulo (Acém) – REP TOCAIA.

E pra vocês também: Felipe, Tiago (Tigrão), André (Catatau), Marcos e Guilherme (Peguete), Guilherme (Valadão), Rodrigo (Tico) e claro a Daniela (Toska)

E claro pra todos os meus primos e primas da Família MOTA

E só pra terminar:

**VAMO SE EMBORA PRO BAR  
BEBER, CAIR E LEVANTAR  
BEBER, CAIR E LEVANTAR  
BEBER, CAIR E LEVANTAR**

A toda a Família Mota que me deram a oportunidade de ser alguém na vida. Tenho orgulho de poder fazer parte desta família, que apesar de ter vários defeitos, como todas outras, tem a capacidade de surpreender a todos que convivem conosco, devido aos fortes laços de amizade e amor que temos.

A Gabriela Milani Manzi que esteve ao meu lado em pelo menos em 90% do tempo do meu mestrado. Você com certeza foi fundamental pra que eu pudesse alcançar mais essa vitória. Obrigado pela paciência e pelo companheirismo. Torço muito por você e espero que seja MUITO FELIZ.

Ao Profo Drº Mauro Dal Secco de Oliveira, pela orientação, ensinamentos e paciência na condução deste trabalho. Muito obrigado pelas oportunidades que o Senhor me deu.

Ao Profo Drº Maria Lucia Perreira Lima e a Profaº Draº Jane Maria Bertocco, pela participação na banca examinadora deste trabalho.

Aos Profº Atushi e Tadeu pela colaboração na elaboração do projeto e pelas contribuições dadas no momento da qualificação.

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp – Campus de Jaboticabal pela ótima estrutura proporcionada e pela oportunidade de ter a honra de dizer que sou filho desta casa.

***...AGRADEÇO***



## ÍNDICE

<b>Resumo.....</b>	<b>IX</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>X</b>
<b>CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS 1.....</b>	<b>1</b>
1 Introdução.....	1
2 Revisão Bibliográfica.....	2
2.1 A cana-de-açúcar como volumoso.....	2
2.2 Composição e formação da parede celular.....	4
2.2.1 Celulose.....	5
2.2.2 Hemicelulose.....	5
2.2.3 Lignina.....	6
2.3 O uso de agentes alcalinizantes.....	7
2.4 Modo de ação das cales nos carboidratos fibrosos da cana-de-açúcar in natura.....	8
2.5 Efeito das cales sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar in natura.....	11
3 Objetivos.....	13
4 Referências Bibliográficas.....	13
<b>CAPITULO 2 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR IN NATURA (<i>Sccharum officinarum</i> L.). SUBMETIDA OU NÃO A HIDRÓLISE COM DIFERENTES TIPOS DE CALES.....</b>	<b>20</b>
Resumo.....	20
1 Introdução.....	21
2 Material e Métodos.....	22
2.1 Composição Bromatológica.....	24
2.2 Análise da Fração Mineral.....	25
2.3 Determinação da temperatura interna, externa e pH.....	25
2.4 Digestibilidade <i>in vitro</i> .....	25
2.4.1 Adaptação do animal e coleta do conteúdo ruminal.....	25
2.4.2 Descrição da metodologia do fermentador ruminal Daisy II (ANKON® technology).....	26
2.5 Delineamento Estatístico.....	27
3 Resultados e Discussão.....	28
4 Conclusão.....	47
4 Referências Bibliográficas.....	47
<b>CAPITULO 3 – IMPLICAÇÕES.....</b>	<b>53</b>

## LISTA DE TABELAS

### **CAPITULO 2 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* (*Sccharum officinarum* L.). SUBMETIDA OU NÃO A HIDRÓLISE COM DIFERENTES TIPOS DE CALES**

Tabela 1. Níveis de Garantia, em porcentagem, da cal virgem e cal hidratada.....	23
Tabela 2. Médias de pH e temperaturas interna e externa da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.....	28
Tabela 3. Desdobramento da interação entre o tempo de armazenamento e o tipo de cana sobre o pH e temperatura interna da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.....	29
Tabela 4. Teores médios, em porcentagem, de matéria seca (MS), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), matéria orgânica (MO) e de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.....	32
Tabela 5. Desdobramento da interação entre o tempo de armazenamento e o tipo de cana sobre os teores de extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.....	42
Tabela 6. Teores médios de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Potássio (K), em %, e de Ferro (Fe) , em mg/Kg, da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.....	43
Tabela 7. Valores médios, em porcentagem, da digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.....	45

## **LISTA DE FIGURAS**

### **CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Figura 01. Reação da hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio..... 9

Figura 02. Expansão das moléculas de celulose quando tratada com agentes alcalinos, através da redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose..... 10

## DIFERENTES TIPOS DE CALES NA HIDRÓLISE DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* (*Sccharum officinarum L.*)

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar in natura, variedade IAC 862480, submetida ou não a hidrólise com 0,5% de cal virgem (CaO) ou cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) durante 12, 36 e 60 horas de armazenamento, sobre a composição bromatológica, pH, temperaturas externa e interna, e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, cujos tratamentos foram três tipos de cana = Cana in natura; Cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e Cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada x 3 tempos de armazenamento (12, 36 e 60 horas). Notou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) tanto para os tipos de cana como para os tempos de armazenamento sobre a temperatura externa dos amontoados. Para pH e temperatura interna observou-se interação significativa entre os tipos de cana e tempos de armazenamento ( $P < 0,01$ ). Houve influência dos tipos de cana sobre os teores de matéria orgânica, matéria mineral, carboidratos totais e hemicelulose ( $P < 0,01$ ) e fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais ( $P < 0,05$ ). Os tempos de armazenamento influenciaram os teores de proteína bruta ( $P < 0,01$ ) e matéria orgânica carboidratos totais e hemicelulose ( $P < 0,05$ ). Para o teor de carboidratos não fibrosos, observou-se interação significativa entre os tipos de cana e tempos de armazenamento ( $P < 0,05$ ). Para os minerais, somente o teor de cálcio teve aumento ( $P < 0,01$ ) para os tipos de cana. Os coeficientes de DIVMS e DIVFDN tiveram um aumento ( $P < 0,01$ ) quando comparamos às médias das canas hidrolisadas com cal virgem e hidratada em relação à média obtida com a cana in natura.

**Palavras – Chaves:** Valor Nutritivo, Cal virgem, Cal hidratada, cana-de-açúcar

## DIFFERENT TYPES OF LIMES IN HYDROLYSIS OF THE SUGARCANE IN NATURA (*Sccharum officinarum L.*)

ABSTRACT - The objective of the present work was to evaluate the effect of the alkaline treatment of a “in natura” sugarcane variety, IAC 86-2480, submitted or not to hydrolysis with 0,5 % virgin lime (CaO) or hydrated lime (Ca(OH)<sub>2</sub>) during 12, 36 and 60 hours of storage, on the bromatologic composition, pH, external and internal temperatures, and in vitro dry matter ruminal digestibility (IVDMD), neutral detergent fiber (IVNDFD) and acid detergent fiber (IVADFD). The experiment was carried out in a completely randomized design, in a 3x3 factorial scheme, with the treatments being composted by the combination of three types of sugarcane (in natura sugarcane; hydrolyzed sugarcane with 0,5 % virgin lime; and hydrolyzed sugarcane with 0,5 % hydrated lime) and three storage timings (12, 36 and 60 hours). A significant ( $P < 0.01$ ) effect of the external temperature was noticed, not only for the types of sugarcane but also for the storage timing. For pH and internal temperature there was a significant interaction between the types of sugarcane and the storage timings ( $P < 0.01$ ). It was noticed an influence of the sugarcane types on the content of organic and mineral matter, total carbohydrates and hemicellulose ( $P < 0.01$ ) and neutral detergent fiber and total digestible nutrients ( $P < 0.05$ ). The storage timings influenced the crude protein content ( $P < 0.01$ ) and organic matter, total carbohydrates and hemicellulose ( $P < 0.05$ ). For the non-structural carbohydrates a significant interaction between the types of sugarcane and storage timings was verified ( $P < 0.05$ ). Within the minerals, only calcium content raised for the types of sugarcane ( $P < 0.01$ ). IVDMD and IVNDFD coefficients increased ( $P < 0.01$ ), when compared to the averages of hydrolyzed sugarcane with virgin lime and hydrated lime, and to the average of in natura sugarcane.

**Key-words:** Nutritional value, virgin lime, hydrated lime, sugarcane.

## **CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1 Introdução**

A agricultura canavieira é de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico do agronegócio brasileiro, Atualmente a produção mundial é de aproximadamente 1,3 bilhões de toneladas, sendo o Brasil o maior produtor mundial, produzindo na última safra cerca de 423 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de cerca de 5,8 milhões de hectares. Dentre todos os Estados, São Paulo se destaca com maior produtor com uma área plantada de aproximadamente 3,4 milhões de hectares e produção total de 242 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (SANTOS, 2007).

Esta produção expressiva se deve à expansão da cultura para áreas tradicionais de pecuária, trazendo como consequência o uso de cana-de-açúcar na alimentação animal. Hoje cerca de 10% da produção de cana se destina a este fim (SANTOS, 2007). Este interesse por parte dos produtores em utilizar a cana como volumoso se deve entre outros fatores a facilidade de cultivo e a grande produção de matéria verde, chegando a uma produção média de 80 a 120 t/ha. Devido a todos estes fatores, centros de pesquisa se dedicam a lançar cultivares apropriados para o consumo animal, dentre esses se destaca o cultivar IAC 86-2480. Conforme LANDELL et al. (2002) a variedade IAC 86-2480 apresenta-se como de boa produtividade (1º Corte = 153,8 t de massa verde/ha), alto teor de açúcar (brix = 21,3%,) e baixo teor de fibra, apresentando grande potencial para uso na alimentação animal.

A grande maioria das propriedades que usam a cana-de-açúcar como volumoso, utilizam um sistema de corte diário e o fornecimento imediato da forragem fresca aos animais, juntamente com um concentrado adequado à categoria animal que está sendo alimentada. Este sistema de corte diário é tido como principal entrave por parte dos produtores, que alegam a falta de tempo para a manutenção das máquinas e o aumento da mão-de-obra utilizada na propriedade.

Visando contornar estes problemas, diversas propriedades têm lançado mão da técnica da hidrólise da cana-de-açúcar *in natura* com cal virgem ou hidratada para

diminuir a frequência do corte da cana, além de proporcionar melhor aproveitamento da cana por parte dos animais. Esta técnica permite ao produtor uma maior flexibilidade no uso e manutenção do maquinário e racionalizar a mão-de-obra utilizada no corte da cana-de-açúcar, além de proporcionar uma melhoria na sua qualidade de vida através da diminuição dos dias que o produtor terá de cortar cana para o fornecimento aos animais.

## **2 Revisão Bibliográfica**

### **2.1 A cana-de-açúcar como volumoso**

Há décadas os pecuaristas do Brasil sofrem com a sazonalidade da produção forrageira e para eliminar este efeito ou pelo menos atenuá-lo vem utilizando tecnologias como o pastejo diferido, a suplementação com concentrados e a ensilagem de forrageiras como os capins, milho e sorgo.

Outra opção que vem sendo estudada há muito tempo e a utilização da cana-de-açúcar, na alimentação de bovinos na época da estação seca (THIAGO & VIEIRA 2002). Algumas características tais como: o fácil cultivo; baixo custo de matéria seca produzida por unidade de área; coincidência de sua maior disponibilidade com o período de escassez de forragem e possuir um comportamento fisiológico diferente das outras gramíneas tropicais, onde a sua digestibilidade total aumenta com a maturidade da planta, mantendo esse valor nutritivo por longo tempo após a maturação, tem justificado a escolha da cana-de-açúcar como alternativa de volumoso na dieta de bovinos no período que compreende a estação seca do ano (OLIVEIRA, 1999; MAGALHÃES et al. 2000; FERNANDES et al. 2001).

Outro fator a ser destacado quanto ao uso da cana-de-açúcar como forrageira, é que entre todas as gramíneas tropicais, a cana-de-açúcar detém o maior potencial de produção de energia, conseguindo em um único corte produções entre 15 e 20 toneladas de nutrientes digestíveis totais (NDT) por hectare, em comparação com o milho, sorgo e mandioca que produzem cerca de 8t de NDT/ha (LIMA & MATTOS, 1993). O valor nutricional da cana-de-açúcar in natura está diretamente ligado ao seu

teor de açúcar que pode chegar a 50% na matéria seca proporcionando valores de nutrientes digestíveis totais da ordem de 55 a 60% (OLIVEIRA, 1999).

OLIVEIRA (1999) destacou que os fatores mais importantes que afetam a qualidade da cana-de-açúcar como alimento para ruminantes, é idade da planta e a variedade. Destacou também que a qualidade da forrageira depende de seus constituintes. Neste contexto, os constituintes da fibra das forrageiras são considerados de grande importância, por duas razões principais: a) compreendem a maior fração da matéria seca da planta; e b) constituem a fração da planta menos digerida no trato digestivo e a mais lentamente digerida no rúmen (THIAGO & GILL, 1993). O resultado é um alimento nutricionalmente desbalanceado e que oferecido como único alimento por vezes pode não atender as exigências de manutenção dos animais, (THIAGO & VIEIRA, 2002). No entanto, a cana-de-açúcar pode suportar diferentes níveis de desempenho animal, dependendo da forma em que for suplementada.

Claro que não podemos deixar de destacar que a cana-de-açúcar, apresenta alguns aspectos negativos quanto à composição bromatológica e manejo diário. Aspectos como: a) baixo teor protéico, não ultrapassando 4%, além do que essa proteína é de baixa digestibilidade; b) baixa ingestão devido à qualidade de sua fibra; c) baixos teores da maioria dos minerais, principalmente o fósforo e d) necessidade de mão-de-obra estratégica para corte diário e picagem desta forrageira (OLIVEIRA, 1999; THIAGO & VIEIRA, 2002). Com o intuito de minimizar ou até mesmo evitar tais aspectos estabeleceu-se a correção do teor protéico por meio da adição de uréia pecuária e uma fonte de enxofre, introdução de variedade com menor teor de FDN, como a IAC 86-2480 e com relação ao corte diário, FARIA et al. (2000) demonstraram ser possível o corte e manutenção da planta inteira por até três dias, sem que a qualidade da cana fosse prejudicada.

De modo geral, salienta-se que a variedade de cana-de-açúcar com menores teores de fibra, principalmente de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) é mais interessante do ponto de vista do aproveitamento pelos microrganismos ruminais. Neste contexto, OLIVEIRA (1999) destacou a necessidade de se basear em alguns critérios para fins de utilização da cana-de-açúcar



na alimentação de bovinos, tais como: teor de FDN  $\leq 52\%$ ; FDN/Brix (sólidos solúveis)  $\leq 2,7$  e porcentagem de colmos  $\geq 80\%$ .

Portanto a cana-de-açúcar deve ser considerada como um volumoso cujos nutrientes não são suficientes para atender todas as exigências nutricionais dos animais ruminantes, pois é pobre em proteínas e minerais, não devendo ser utilizada como único alimento. Para que se possa obter um melhor aproveitamento, aumentando a digestibilidade e mantendo seu valor nutritivo, alguns processamentos químicos podem ser utilizados. Deve-se fazer uma suplementação adequada de acordo com a categoria animal a ser alimentada.

## **2.2 Composição e formação da parede celular**

Para que se torne possível o entendimento do mecanismo de ação do aditivo em relação à atuação nos componentes da fração fibrosa, é necessário uma breve descrição do processo de formação e a composição da parede celular.

Nas plantas forrageiras encontra-se duas frações que formam a célula vegetal: são o conteúdo celular e a parede celular. O conteúdo celular que possui alta disponibilidade alimentar para o animal, aparentemente não sofre influência significativa em seus índices de digestibilidade com a lignificação (VAN SOEST, 1967). Já a parede celular é formada pela celulose, hemicelulose, pectina, lignina e diversas substâncias nitrogenadas, ceras, cutina e minerais (VAN SOEST, 1987).

A parede celular das plantas é formada por fibras de celulose que estão emaranhadas com a lignina e polissacarídeos hemicelulósicos. Esta ligação da lignina com os carboidratos estruturais da parede celular, principalmente hemicelulose, que é covalente do tipo éster (JUNG & ALLEN, 1995), impede que esta fração seja nutricionalmente uniforme (VAN SOEST, 1967).

A parede celular possui duas fases de crescimento: a fase primária quando a planta está aumentando o seu tamanho através do alongamento, e ainda não há deposição de lignina enquanto que na fase secundária quando ocorre o espessamento, se dá a deposição da lignina na parede primária e na lamela média, juntamente com mais celulose e hemicelulose. Desta forma, há mais deposição de lignina na parede

secundária, fazendo com que a hemicelulose e celulose depositadas posteriormente sejam menos lignificadas (JUNG & ALLEN, 1995).

### **2.2.1 Celulose**

É a substância mais abundante no reino vegetal, é também o principal componente estrutural da parede celular das plantas. Quimicamente é um polímero das unidades D-glicose com ligação  $\beta$ -1,4. Neste caso os seis átomos de carbono estão em posição "trans" dando desta maneira uma forma de microfibrila achatada à celulose. Só para comparação, no caso do amido, os seis átomos de carbono encontram-se na posição "cis" resultando numa forma helicoidal. Visto que as unidades de glicose das células apresentam uma configuração tipo "cadeira" e também dispõem da ligação  $\beta$ , são muito estáveis internamente e, além disso, as microfibrilas apresentam perfeita interação graças às ligações do hidrogênio. Esta configuração deixa a celulose essencialmente insolúvel e extremamente resistente à degradação enzimática (JUNG & ALLEN, 1995).

### **2.2.2 Hemicelulose**

A hemicelulose é uma mistura complexa e heterogênea de um grande número de polímeros de monossacarídeos, como glicose, xilose, manose, arabinose e galactose. É um componente primordial da parede de células vegetais. Xiloglucan é a molécula predominante na hemicelulose que consiste em uma cadeia de unidades D-glicose com ligações  $\beta$ -1,4 com ramificações terminais de unidades xilose com ligação  $\beta$ -1,6. Essa molécula mantém ligação covalente com a fração péctica da parede da célula e ligação com o hidrogênio das microfibrilas da celulose (JUNG & ALLEN, 1995).

A hemicelulose é muito menos resistente à degradação química do que a celulose e é definida como um carboidrato solúvel em solução alcalina fraca. É a fração da parede celular mais intimamente ligada com a lignina, e como ocorre com a celulose, depois de desfeita sua ligação com a lignina, ela é facilmente digerida pelos microrganismos do rúmen do animal (MAYNARD et al. 1984).

### **2.2.3 Lignina**

A lignina é um composto não-carboidrato da parede celular dos vegetais, normalmente considerada indigerível e também inibidora da digestibilidade da parede celular das plantas forrageiras, acentuando este seu efeito negativo sobre a digestibilidade da planta à medida que o vegetal amadurece. Como proporciona apoio às paredes das células vegetais acompanhando os corpos celulósicos e ligando as fibras e as células, permite desta forma a estrutura da planta (JUNG & ALLEN, 1995).

A lignina possui alto peso molecular, sendo um polímero amorfo de origem fenilpropano, sua formulação pode variar de uma planta para outra e a sua estrutura complexa de ligações de carbono a carbono e vínculos de éter é resistente a ácidos e álcalis (MAYNARD et al.1984). A lignina é encontrada nas parcelas fibrosas das folhas e talos (colmos) das forragens. O seu conteúdo aumenta consideravelmente à medida que a planta amadurece e sua vinculação química reduz a digestibilidade da hemicelulose e celulose (VAN SOEST, 1963). Nas forragens de gramíneas as ligações observadas entre a lignina e os carboidratos estruturais da planta são do tipo éster sendo este tipo de ligação a mais fácil de hidrolisar, contudo esta ligação não é atacada pelas enzimas microbianas elaboradas pelos organismos anaeróbicos ou do próprio animal mamífero. O tratamento alcalino da gramínea altamente lignificada desfaz a ligação hemicelulose-lignina, melhorando desta forma a digestibilidade da hemicelulose que se encontrava incrustada junto à lignina, contudo não destruindo a lignina, (BOIN et al. 1987).

### **2.3 O uso de agentes alcalinizantes**

A utilização de aditivos químicos é bastante antiga, no entanto só houve intensificação nos estudos a partir da década de 70, principalmente no tratamento de palhadas. Descobriu-se aumento significativo na digestibilidade da matéria seca e da FDN de diferentes tipos de palhadas (OLOLADE et al. 1973). Os agentes alcalinizantes possibilitam um aumento no valor nutritivo, além de aumentar a quantidade ingerida de tais alimentos pelos ruminantes na ordem de 10 a 40 % (LIVESTOCK, 1999).

LACEY et al. (1981) destacou algumas características desejáveis que esses aditivos devem possuir, tais como: a) baixa toxicidade para os mamíferos; b) efeito sobre os microorganismos deterioradores (fungos, leveduras e bactérias); c) baixos níveis de perdas por volatilização; d) amplo espectro de ação; e) ser solúvel em água.

Na década de 80, a utilização dos aditivos químicos se deu através a amonização, com a utilização de amônia anidra, do hidróxido de amônio ou por meio da hidrólise da uréia para o tratamento de volumosos de baixa qualidade (resíduos de culturas e fenos), com efeitos na solubilização da hemicelulose e o aumento nos teores de nitrogênio total, resultando em aumento nos valores de digestibilidade *in vitro* (REIS et al. 1993; PAIVA et al. 1995 a e b; GESUALDI et al; 2001; BERTIPAGLIA et al. 2005).

Posteriormente foram realizados vários trabalhos utilizando tratamentos químicos com o intuito de melhorar a utilização do bagaço de cana-de-açúcar, entre esses tratamentos, os reagentes mais utilizados foram à uréia, a amônia anidra e o hidróxido de sódio (soda caustica - NaOH), produtos alcalinos que normalmente promovem redução da FDN, podendo influenciar positivamente o consumo de MS do alimento (CÂNDIDO et al. 1999; SARMENTO et al. 1999; PIRES et al. 2006).

Com relação ao bagaço de cana-de-açúcar, ressalta-se que atualmente os produtores têm dificuldades em adquiri-lo, devido ao seu uso pela usina tanto para a obtenção de álcool combustível, como na co-geração de energia elétrica.

Posteriormente, os estudos foram direcionados visando alteração do processo fermentativo durante a ensilagem de forragens tropicais, sendo que uma das primeiras demonstrações que substâncias alcalinizantes pudessem modificar este processo foi demonstrado por TUFINO et al. (1978) e CASTRILLÓN et al. (1978), os quais, observaram redução na fermentação alcoólica em silagens de cana-de-açúcar tratada com 4% de NaOH.

Os principais objetivos na utilização destes aditivos químicos na ensilagem de gramíneas tropicais eram de evitar o desenvolvimento de microorganismos em silagens tradicionais e melhorar o processo fermentativo da ensilagem da cana-de-açúcar, com vistas ao controle da produção de etanol. (PEDROSO, 2003, SILVA et al. 2005; BERNARDES, 2006).

SANTOS (2007), trabalhando com oxido de cálcio na ensilagem de cana-de-açúcar, relatou que a adição deste provoca elevação do pH e aumento da pressão osmótica, alterando a população de microorganismos, modificando o perfil fermentativo dessas silagens.

Mais recentemente foram desenvolvidas pesquisas com a cana-de-açúcar *in natura* picada visando à melhoria da qualidade. Tem sido utilizada a hidrólise por meio do hidróxido de sódio (NaOH), óxido de cálcio (cal virgem) e do hidróxido de cálcio (cal hidratada) como agentes alcalinizantes, visando a redução dos teores de fibra e conseqüentemente melhoria no consumo pelos animais, armazenamento mais eficiente e minimização da mão-de-obra (FARIA et al. 2000; ANDRADE et al. 2001; OLIVEIRA et al. 2002; PEDROSO, 2003; SILVA et al. 2004; SILVA et al. 2005; OLIVEIRA et al. 2006a,b; OLIVEIRA et al. 2007a, b)

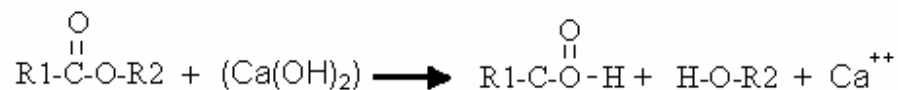
#### **2.4 Modo de ação das cales nos carboidratos fibrosos da cana-de-açúcar in natura.**

Os agentes alcalinizantes já vêm sendo usados há vários anos com o intuito de melhorar a digestibilidade de alimentos volumosos de baixo valor nutritivo. Esses compostos químicos, hidróxido de sódio (soda cáustica - NaOH), amônia anidra (NH<sub>3</sub>) e, mais recentemente, cal virgem e a cal hidratada micropulverizadas, são utilizados com diferentes tipos de volumosos sempre tendo como intuito de melhorar a qualidade destes alimentos e permitir um melhor aproveitamento dos nutrientes das dietas que os contém por parte dos animais que são alimentados com estes produtos (ALLI et al. 1983, PEDROSO, 2003 e MARI & NUSSIO, 2005).

Atendendo essa necessidade tem-se a opção dos tratamentos químicos, através da hidrólise alcalina. O termo hidrólise, em forragens, refere-se à quebra da estrutura da fibra, o que sugere a solubilização de componentes que, por conseqüência, aumenta a digestibilidade do alimento como um todo, aumenta o consumo e melhora o desempenho animal. SUNDSTOL & OWEN (1984) e VAN SOEST (1994) destacaram o efeito de produtos alcalinos sobre a fração fibrosa dos alimentos de baixo valor nutritivo,

entretanto ressaltaram que a fração da lignina somente poderá ser solubilizada em concentrações elevadas da NaOH (agente alcalinizante).

Devido a este aspecto o tratamento da cana-de-açúcar com a cal virgem ou hidratada micropulverizadas, atuando como agentes alcalinizantes seriam uma alternativa interessante. Tanto o cal virgem como a cal hidratada agiriam na fração fibrosa a partir da formação de uma base forte, o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), um agente alcalino com moderado poder de hidrólise, o qual vai reagir com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais. A reação da hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio esta representada na Figura 01



em que:

R1= molécula de carboidrato estrutural;

R2= outra molécula de carboidrato estrutural, (geralmente se trata da hemicelulose)

ou um átomo de hidrogênio de um ácido carboxílico, ou uma unidade fenil-propano da lignina;

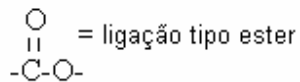


Figura 01. Reação da hidrólise alcalina entre os carboidratos estruturais da parede celular e o hidróxido de cálcio.

No processo de hidrólise com cal virgem, a base forte forma-se por meio de reação exotérmica que pode ser constatada pelo aumento da temperatura na preparação da solução, a qual pode atingir 70° C. Já no caso da cal hidratada a base forte e o seu principal constituinte, portanto não ocorre aquecimento durante o preparo da solução, sendo este um ponto favorável à indicação deste tipo de cal na técnica de hidrólise da cana-de-açúcar in natura.

Além da ação hidrolítica, o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), mesmo possuindo uma baixa solubilidade com a água promove a expansão da parede celular e ruptura de componentes dos tecidos de forragens hidrolisadas.

Os efeitos da hidrólise sobre a estrutura da fibra dos volumosos inclui a solubilização da hemicelulose, o aumento da digestão da celulose e da hemicelulose em razão da expansão da fração fibrosa (JACKSON, 1977; KLOPFENSTEIN, 1978). A celulose se expande quando tratada com agentes alcalinos e isto reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio (Figura 02), as quais ligam as moléculas de celulose (JACKSON, 1977). De acordo com KLOPFENSTEIN (1978) o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação desta leva ao aumento da taxa de digestão da fibra.

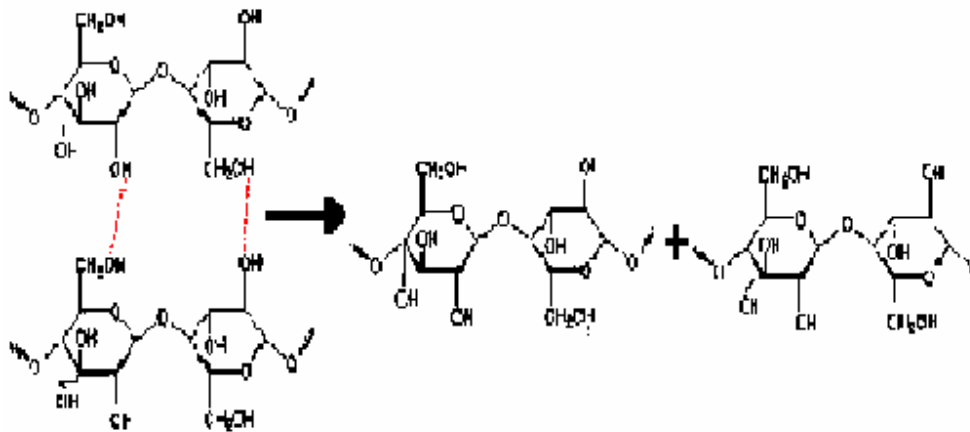


Figura 02. Expansão das moléculas de celulose quando tratada com agentes alcalinos, através da redução das ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose.

O efeito desestruturação da hemicelulose e celulose, teoricamente oferecia aos microrganismos maior área de exposição da fração fibrosa, conseqüentemente, aumentava o grau de utilização das diferentes frações de fibra. Este aspecto pode ser comprovado por meio da realização de pesquisas de desempenho (ganho de peso e produção de leite) com animais recebendo dietas contendo à cana hidrolisada com cal como volumoso.

Geralmente, o efeito mais expressivo da hidrólise é a redução no conteúdo de FDN nas canas tratadas com alguns tipos de cales virgens ou hidratadas podendo ser atribuído à solubilização parcial da hemicelulose com o aumento da digestibilidade, principalmente da fibra em detergente neutro (FDN) e matéria seca (MS) e hemicelulose

(OLIVEIRA et al. 2007a). Essa suposição baseia-se no fato de que a maioria das forragens submetidas a esse tipo de tratamento não apresenta diminuição dos outros constituintes da parede celular e, quando isso ocorre, é, proporcionalmente, em magnitude menor OLIVEIRA et al. (2006b). Esta redução é interessante porque em dietas com altas concentrações de FDN, o enchimento ruminal pode limitar o consumo (MERTENS, 1994). ALLEN (2000) baseado em 15 estudos mostrou que aumentos na concentração de FDN da dieta acima de 25% foram associados a diminuição no consumo.

## **2.5 Efeito das cales sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar *in natura***

A carência de dados na literatura sobre a utilização das cales virgem e hidratada micropulverizadas como agente alcalinizante, no tratamento de alimentos para ruminantes é muito grande. Segundo OLIVEIRA et al. (2007a) a técnica preconizada hoje, é a utilização de soluções de cal em suspensão (proporção de 0,5 kg de cal : 2 litros de água : 100 kg de cana picada com base na matéria natural). Segundo os autores, ocorre melhoria na digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (FDN), da hemicelulose (HEM) e da matéria seca (MS) da cana-de-açúcar.

Segundo OLIVEIRA et al. (2006a) observaram que a hidrólise com 0,5% de cal hidratada, independente da forma de aplicação (solução ou pó), proporcionou melhoria na digestibilidade *in vitro* da MS, da FDN e da fibra em detergente ácido (FDA) da cana-de-açúcar.

Avaliando o efeito das doses de cal hidratada micropulverizada (0 e 0,5%) e a sua forma de aplicação (solução ou pó) OLIVEIRA et al. (2006b), verificaram que a hidrólise da cana-de-açúcar, com o nível de 0,5 % de cal, mostrou-se mais interessante, pois causou a redução nos teores de FDN e de HEM da cana, independente da forma de aplicação.

SILVA et al. (2006) verificaram que a cana-de-açúcar tratada com cal hidratada diminuiu os teores de proteína bruta, FDN, FDA e HEM, além de aumentar o coeficiente da digestibilidade *in vitro* da MS. Verificaram também que a adição da cal hidratada aumentou o pH do suco da cana-de-açúcar.



OLIVEIRA et al. (2007a) avaliaram a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar *in natura* tratada com diferentes níveis de cal hidratada (0; 0,5 e 1,0%), e concluíram que o tratamento com a 0,5% de cal foi suficiente e mais eficiente em melhorar a digestibilidade dos nutrientes estudados.

Trabalhando com cal virgem OLIVEIRA et al. (2007b), verificaram que o nível de 1% de cal virgem foi mais indicado em relação ao nível de 0,5% na redução nos teores de FDN e HEM da cana. Convém ressaltar que a cal utilizada neste trabalho apresentava uma concentração de oxido de cálcio de somente 53,10%, além de apresentar uma alta concentração de oxido de magnésio (38,50%).

DOMINGUES et al. (2007) também trabalharam com a cal virgem e verificaram que o nível de 0,5% foi suficiente para diminuir os teores de FDN e HEM devido à solubilização de parte da fibra após o tratamento alcalino.

Por meio de diversos trabalhos pode-se verificar que o tratamento alcalino com a cal virgem, com elevada concentração de oxido de cálcio, proporciona benefícios sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar *in natura*. Observou-se também que estes resultados com cales virgens, por isso torna-se oportuna à realização de experimentos científicos comparando-se diferentes tipos de cales (virgem e hidratada), em diferentes níveis de aplicação e tempos de armazenamento.

### **1.3 Objetivos**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a composição bromatológica, o desdobramento da matéria mineral (MM), pH, temperatura interna e externa, além de determinar a digestibilidade *in vitro* dos teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA) da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada ou não com diferentes tipos de cales (virgem e hidratada), durante 12, 36 e 60 horas de tempos de armazenamento.

### **1.4 Referências Bibliográficas**

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.

ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E.; GARCIA, G. The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9,p. 291-299, 1983.

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

BERNARDES, T. F., **Controle da deterioração aeróbica de silagens**. 116f. Tese (Doutorado) – UNESP, Jaboticabal, 2007.

BERTIPAGLIA, L. M. A.; LUCA, S.; MELO, G. M. P.; REIS, R. A. Avaliação de fontes de uréase na amonização de fenos de *Brachiaria brizantha* com dois teores de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.2, p.378-386, 2005.

BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D' ARCE, R. D. Cana-de-açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: **Fundação Cargill**, v. 2, p. 805-850, 1987

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

CASTRILLÓN, M.V.; SHIMADA, A.S.; CALDERON, F.M. Manipulacion de la fermentacion em ensilages de caña de azucar y su valor alimenticio para borregos.**Técnica Pecuária en México**, v. 35, p.48-55, 1978

DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA, M. D. S., MOTA, D. A, SIQUEIRA, G. R.; SANTOS, J. dos.; TEIXEIRA JUNIOR, D. J.; Parâmetros bromatológicos da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de cal virgem (CaO) microprocessada em diferentes tempos de exposição ao ar. In: 44<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Jaboticabal, SP. 2007. **Anais...** 44<sup>a</sup> SBZ, CD ROOM, 2007.

FARIA, A.E.L.; OLIVEIRA, M.D.S.; BARBOSA, J.C. Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar submetidas a diferentes períodos e condições de armazenamento. **Ars Veterinária**, v.16, n.3, p.220-226, 2000.

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

GESUALDI, A.C.L.S.; SILVA, J.F.C.; VASQUES, H.M.; ERBESDOBLER, E.A. Efeito da amonização sobre a composição, retenção de nitrogênio e a conservação do bagaço e da ponta de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.508-517, 2001.

JACKSON, M.G. The alkali treatments of straws. **Animal Feed and Technology**, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

JUNG, H.G., ALLEN, M.S.. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal Animal Science**, v. 73, n. 3 p. 2774-2790. 1995.

KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v. 46, n.3, p.841-848, 1978.

LACEY, J., LORD, K.A., CAYLEY, G.R. 1981 Chemical for preventing mounding in damp hay. **Animal Feed Science and Technology** . n.6, v.3, p. 323-336.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A .A. A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal. Série Tecnológica APTA, **Boletim Técnico IAC 193**, 2002. 36p.

LIMA, M. L. M., MATTOS, W. R. S. (1993), Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINO. Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 77 - 106.

LIVESTOCK, 1999 <http://www.virtualcentre.org/en/dec/toolbox/Index.htm>. Acesso em 27/08/2007

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J.; MENDES NETO, J.; ZAMPERLINI, B. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas completas para vacas em lactação. I. Produção e composição de leite. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG. 2000. **Anais...** 37º SBZ, CD-ROM, 2000.

MAYNARD, L.A., LOOSLI, J.K., HINTZ, H.F., WARNER, R.G. **Nutrição animal**. 3.ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A. 1984 726p.

MARI, L.J.; NUSSIO, L.G.; Opções para hidrólise de cana-de-açúcar. [www.beefpoint.com.br](http://www.beefpoint.com.br) Acesso 13/06/2007.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR. Forage quality, evaluation and utilization. Madison: **American Society of Agronomy**, p.450-493, 1994.

OLIVEIRA, M.D.S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 128 p.

OLIVEIRA, M. D. S.; BODRICK. R.; SANTOS, J. dos.; LOPES.; A. L.; DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA. I. S.; MOTA. D. A.; Efeito da hidrólise com cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade “in vitro” da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*). In: 43ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais...** 43ª SBZ, CD ROOM, 2006.

OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA. J.; BODRICK. R.; SANTOS, J. dos.; LOPES.; A. L.; DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA. I. S.; MOTA. D. A.; Efeito da hidrólise com a cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*) In: 43ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais...** 43ª SBZ, CD ROOM, 2006.

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

OLIVEIRA, M. D. S.; MOTA, D., A.; DOMINGUES, F.; N.; LOPES, A.; D.; SANTOS, J; dos. Efeito da hidrólise com cal virgem (óxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar. In: 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Jaboticabal, SP. 2007. **Anais...** 44ª SBZ, CD ROOM, 2007b

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

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeito dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre os teores dos compostos nitrogenados e retenção de

nitrogênio na palhada de milho (*Zea mays L.*). **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 24, n.5, p.672-682, 1995a.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C. et al. Efeito dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre a degradabilidade da matéria seca e dos constituintes da parede celular na palhada de milho (*Zea mays L.*). **Revista Brasileira de Zootecnia.**, 24, n.5, p.683-691, 1995b.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos, microbiológicos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*)**. 2003. 120f. Tese (Doutorado) – ESALQ, Pirassununga, 2003.

PIRES, A.J.V., REIS, R.A., CARVALHO, G.G.P., SIQUEIRA, G.R., BERNARDES, T.F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.953-957, 2006 (supl.).

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

SANTOS, M. C., **Aditivos químicos para o tratamento de cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum L.*)**. 113f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Pirassununga, 2007.

SARMENTO, P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; NASCIMENTO, A.S. Tratamento do bagaço de cana-de-açúcar com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.6, p.1203-1208, 1999.

SILVA, T.M. da; OLIVEIRA, M.D.S. de; SAMPAIO, A.A.M.; ANDRADE, A.T. de; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; RIBEIRO, G.M.; FAZOLO, B. Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade

ruminal “in vitro”. In: 42ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Goiânia, GO. 2005. **Anais...** 42ª SBZ, CD ROOM, 2005.

SILVA, V. M.; PEREIRA, V. L. A.; LIMA, G. S. Produção e Conservação utilização de alimentos para caprinos e ovinos. Disponível em: **www.ipa.br/outr/teproag**. Acesso em: 25 de fevereiro de 2004.

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: 43ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais...** 43ª SBZ, CD ROOM, 2006.

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

THIAGO, L.R.L.S.; GILL, M. **Consumo voluntário: fatores relacionados com a degradação e passagem da forragem pelo rúmen**. Campo Grande:Embrapa-CNPGC, 1993. 1. Reimp. 65p. (Documentos, 43)

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.

TUFINO, S.; CALDERÓN, F., SHIMADA, A. S. Efecto de la adición de hidróxido de sódio al ensilar caña de azucar su composición. **Resúmmes...** 2ª Reunión Internacional de la Caña de Azucar en la Alimentación Animal.México, 1978.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feeds analysis and its applications to forages. **Journal of Animal Science**, v.26, n.1, p.119-128, 1967.

VAN SOEST, P.J. Interactions of feeding behavior and forage composition. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GOATS, 4, 1987, Brasília. **Proceedings ...** Brasília, 1987, p.971-87.

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

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. **Journal of the Association of the Official Analytical Chemists**, v.46, p.829-835, 1963.



## **CAPITULO 2 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE NUTRICIONAL DA CANA-DE-AÇÚCAR *IN NATURA* (*Sccharum officinarum* L.). SUBMETIDA OU NÃO A HIDRÓLISE COM DIFERENTES TIPOS DE CALES**

**RESUMO** - O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do tratamento alcalino da cana-de-açúcar *in natura*, variedade IAC 86-2480, submetida ou não a hidrólise com 0,5% de cal virgem (CaO) ou cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) durante 12, 36 e 60 horas de armazenamento, sobre a composição bromatológica, pH, temperaturas externa e interna, e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA). Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, cujos tratamentos foram três tipos de cana = Cana *in natura*; Cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e Cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada x 3 tempos de armazenamento (12, 36 e 60 horas). Notou-se efeito significativo ( $P < 0,01$ ) tanto para os tipos de cana como para os tempos de armazenamento sobre a temperatura externa dos amontoados. Para pH e temperatura interna observou-se interação significativa entre os tipos de cana e tempos de armazenamento ( $P < 0,01$ ). Houve influência dos tipos de cana sobre os teores de matéria orgânica, matéria mineral, carboidratos totais e hemicelulose ( $P < 0,01$ ) e fibra em detergente neutro e nutrientes digestíveis totais ( $P < 0,05$ ). Os tempos de armazenamento influenciaram os teores de proteína bruta ( $P < 0,01$ ) e matéria orgânica carboidratos totais e hemicelulose ( $P < 0,05$ ). O teor de carboidratos não fibrosos observou-se interação significativa entre os tipos de cana e tempos de armazenamento ( $P < 0,05$ ). Para os minerais, somente o teor de cálcio teve aumento ( $P < 0,01$ ) para os tipos de cana. Os coeficientes de DIVMS e DIVFDN tiveram um aumento ( $P < 0,01$ ) quando comparamos as médias das canas hidrolisadas com cal virgem e hidratada com a média obtida com a cana *in natura*.

**Palavras – Chaves:** Valor Nutritivo, Cal virgem, Cal hidratada, cana-de-açúcar

## 1 Introdução

A utilização da cana-de-açúcar como volumoso não é recente, BIONDI et al. (1978) esclareceram que já existem relatos de seu aproveitamento na alimentação animal, em específico para ruminantes, desde 1893. Na literatura nacional um dos primeiros relatos da utilização da cana na alimentação animal foi feito na década de 40 (ATHANASSOF et al. 1940). O fornecimento de cana-de-açúcar como volumoso para ruminantes se dá principalmente no período seco do ano. Esta por sua vez, principalmente nas últimas décadas, vem sendo utilizada cada vez mais pelos produtores rurais devido a algumas peculiaridades como alta produção por hectare, facilidade de cultivo e o fato de estar pronta para colheita no momento em que se tem menor disponibilidade de forragem (MAGALHÃES et al. 2000; FERNANDES et al. 2001).

Por outro lado, a cana-de-açúcar, em sua composição, possui alto teor de lignina, elemento da parede celular que impede as bactérias do rúmen degradarem todos os nutrientes existentes na planta. Com isso, a baixa digestibilidade da porção fibrosa causa um baixo consumo de matéria seca e logo uma baixa ingestão de nutrientes (OLIVEIRA, 1999).

Tradicionalmente, o uso da cana-de-açúcar baseia-se no corte diário e fornecimento imediato da forragem fresca no cocho para posterior consumo dos animais. Atualmente, esse sistema tem possibilitado alternativas de manejo com base na utilização de aditivos químicos imediatamente após a colheita da forragem (SANTOS, 2007).

Recentemente têm sido divulgada a utilização do óxido de cálcio, ou seja, cal virgem (CaO), e hidróxido de cálcio, cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) no tratamento da cana-de-açúcar com o intuito de manter as qualidades nutritivas desta forrageira por alguns dias sem a necessidade de cortes diários (SILVA et al. 2005). Porém, vários fatores podem afetar a ação destas substâncias, tais como: a concentração de óxido e hidróxido de cálcio, óxido de magnésio, quantidade da cal em relação à cana, tempo de hidrólise, homogeneização da solução (água e cal) e da solução com a cana, forma de aplicação

(solução ou pó) dentre outros e também as condições de cana-de-açúcar, dentre elas a maturação e a picagem (tamanho de partícula).

A utilização desta técnica trás aos produtores uma melhor qualidade de vida, já que sugere uma diminuição na frequência de corte da forragem. Essa menor frequência de corte permite ainda uma redução da demanda de mão-de-obra sem, contudo, necessidade de investimentos em equipamentos. Aliado a isso o custo de aquisição do aditivo (cal) para hidrólise é bastante atrativo e deve ser levado em consideração.

Dessa forma o uso desta técnica pode proporcionar uma melhora no valor nutritivo do volumoso, com a melhoria no consumo e possivelmente, no desempenho animal (OLIVEIRA et al. 2002 e SILVA et al. 2006).

Apesar dos benefícios, há pequena quantidade de trabalhos nesta linha de pesquisa na literatura, sendo que os poucos que existem apresentam resultado com somente com uma das cales, torna-se oportuna à realização de experimentos científicos comparando os dois principais tipos de cal (óxido e o hidróxido de cálcio), em diferentes níveis de aplicação e tempos de armazenamento. Por meio dos resultados obtidos poder-se-á estabelecer diretrizes aos produtores, quanto a utilização da cana hidrolisada com os diferentes tipos de cal, visando esclarecer qual das cales apresenta o melhor resultado.

Face ao exposto, o presente trabalho tem como principal objetivo de avaliar a composição bromatológica, o desdobramento da composição da matéria mineral (MM), pH, temperatura interna e externa, além de estimar digestibilidade *in vitro* da matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA) da cana-de-açúcar *in natura* hidrolisada ou não com diferentes tipos de cales (virgem ou hidratada), durante 12, 36 e 60 horas de tempos de armazenamento.

## **2 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, Campus de Jaboticabal/SP, em agosto de 2006, no Setor de Bovinocultura de leite. A cana-de-açúcar utilizada foi o cultivar IAC 86-2480 sendo o corte realizado em

soqueira com 12 meses (2º corte). Os níveis de garantia das cales virgem e hidratada utilizadas no experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Níveis de Garantia, em porcentagem, da cal virgem e cal hidratada.

Características	Cal Virgem <sup>1</sup>	Cal Hidratada <sup>2</sup>
Óxido de cálcio total (CaO)	Min. 90,00	---
Hidróxido de Cálcio (Ca(OH) <sub>2</sub> )	---	Min. 95,00
Óxido de magnésio total (MgO)	Max. 0,50	Max. 1,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Max. 0,30	Max. 0,20
SiO <sub>2</sub>	Max. 1,40	---
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Max. 0,15	Max. 0,20
S	Max. 0,07	---
Mn	---	Max. 0,008

<sup>1</sup>CHRISTÒFARO (2001) ; <sup>2</sup>BODERICK (2006)

Foram estabelecidos os seguintes tratamentos: 3 três tipos de cana = Cana *in natura*; Cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e Cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada x 3 tempos de armazenamento dos amontoados de cana (12, 36 e 60 horas).

Os tempos de armazenamento foram escolhidos com o intuito de simular um final de semana na propriedade, onde o produtor cortaria e hidrolisaria a cana-de-açúcar na sexta-feira à tarde para fornecer aos animais no sábado, domingo e segunda-feira pela manhã, proporcionando intervalos de 12; 36 e 60 horas de armazenamento em relação ao momento do manejo (corte e hidrólise), respectivamente. Já com relação a escolha de somente o nível 0,5% para ambas as cales foi devido aos diversos trabalhos realizados comprovando que este nível já era o suficiente para que ocorresse a hidrólise da cana-de-açúcar utilizando ambas cales (virgem e hidratada).

A cana foi picada, em picadeira estacionaria da marca Menta<sup>®</sup>, proporcionando tamanhos de partículas de aproximadamente 8 mm. Preparou-se a mistura da cal hidratada e cal virgem com água para os amontoados de 15 kg de cana-de-açúcar, mantendo-se as proporções de 0,5 kg de cal: 2 litros de água: 100 kg de cana, respectivamente. Em seguida as diferentes soluções foram esparramadas sobre os amontoados de cana correspondentes, previamente espalhados sobre um piso cimentado em galpão coberto, sendo cuidadosamente homogeneizados. Posteriormente, os amontoados, foram submetidos a 12; 36 e 60 horas de tempos de

armazenamento. Ao final de cada tempo foram retiradas amostras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e mantidas em congelador a -20 °C. As amostras foram analisadas no laboratório de nutrição animal da FCAV/UNESP.

## 2.1 Composição Bromatológica

Foram determinados os teores de: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), pelas metodologias descritas por SILVA & QUEIROZ (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) foram avaliados pelo método seqüencial segundo as técnicas descritas por ROBERTSON & VAN SOEST (1981). Para determinação da celulose (CEL) foi utilizado o ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST, 1994). Enquanto os teores de hemicelulose (HEM) foram calculados por diferença entre FDN e FDA, o de lignina (LIG) pela diferença entre FDA e celulose e a matéria orgânica (MO) pela diferença entre MS e MM. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), carboidratos totais (CHOt), carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados através das fórmulas descritas a seguir:

$CHT (\%) = 100 - (\%PB \text{ na MS} + \%EE \text{ na MS} + \%MM \text{ na MS})$ , conforme (SNIFFEN et al. 1992); onde CHT = carboidratos totais; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral.

$CNF (\%) = CHT - \%FDN \text{ na MS}$ , conforme (SNIFFEN et al. 1992); onde CNF = carboidratos não fibrosos; CHT = carboidratos totais; FDN = fibra em detergente neutro.

$NDT (\%) = 91,6086 - 0,669233 \times FDN + 0,437932 \times PB$ , conforme (CAPELLE et al. (2001); onde NDT = Nutrientes digestíveis totais; FDN = fibra em detergente neutro; PB = proteína bruta.

Foram retiradas amostras da cana-de-açúcar, hidrolisadas com cal virgem ou hidratada micropulverizadas, sob os diferentes tratamentos, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenadas em

congelador a -20° C. As amostras foram analisadas no laboratório de Nutrição Animal da FCAV/UNESP.

## **2.2 Análise da Fração Mineral**

Foram determinados os teores dos seguintes minerais: cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e ferro (Fe) de todos os tratamentos. Foram retiradas amostras da cana-de-açúcar, hidrolisadas ou não, com cal virgem ou hidratada, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenadas em congelador a -20° C. Posteriormente foram preparados às soluções minerais de cada amostra, conforme metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002). As amostras foram analisadas no laboratório de Nutrição Animal da FCAV/UNESP.

## **2.3 Determinação da temperatura interna, externa e pH da cana-de-açúcar hidrolisada ou não com cal**

Ao final de cada tempo de armazenamento (12; 36 e 60h), foram obtidas a temperatura interna e externa de cada amontoado de cana. Utilizando-se um termômetro de infravermelho, com precisão de 0,5°C (o termômetro possuía uma haste de metal de aproximadamente 20 cm, a qual era utilizada para inserir na massa e coletar a temperatura interna de cada amontoado). As análises de pH foram feitas conforme metodologia descrita por (SILVA & QUEROZ, 2002), utilizando as mesmas amostras coletadas para determinação da composição bromatológica e desdobramento da fração mineral.

## **2.4 Digestibilidade *in vitro***

### **2.4.1 Adaptação do animal e coleta do conteúdo ruminal**

Utilizou-se um garrote sem raça definida, como doador de conteúdo ruminal, o qual permaneceu numa baia contendo cocho de alimentação e bebedouro, onde

recebeu 25 kg de cana-de-açúcar *in natura*, sendo este valor dividido igualmente em cana fresca (picada diariamente), cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada + 3 kg de concentrado (mistura de milho + farelo de soja + mistura mineral) durante 15 dias para que ocorresse a adaptação do mesmo. A primeira coleta do conteúdo ruminal foi feita pela manhã do 16º dia do início da adaptação, sendo o mesmo colhido manualmente antes da primeira refeição. As demais coletas foram realizadas sempre às terças-feiras de cada semana, até o final de todas as rodadas estabelecidas.

Após cada coleta, o conteúdo ruminal foi adequadamente acondicionado em garrafa térmica contendo água previamente aquecida a 39 °C. Rapidamente, foi feita a filtração em tecido de algodão, através de pressão manual, para obtenção do líquido ruminal.

#### **2.4.2 Descrição da metodologia do fermentador ruminal Daisy II (ANKON® technology).**

No ensaio de digestibilidade *in vitro*, foi utilizada a metodologia do fermentador ruminal Daisy II (ANKON® technology), descrita a seguir.

O líquido obtido foi colocado nos jarros do fermentador ruminal DAISY II, contendo os sacos de fermentação (ANKON® F57) com 0,5 g de amostras pré-secas dos diferentes tratamentos juntamente com as soluções de saliva artificial A e B. composta por solução tampão A, em gramas/litro ( $\text{KH}_2\text{PO}_4 = 10,0$ ;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 0,5$ ;  $\text{NaCl} = 0,5$ ;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,1$  e Uréia = 0,5) e uma solução tampão B, em gramas/litro ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 15,0$  e  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 1,0$ ), previamente aquecida a 39°C. Logo em seguida, e injetado, foi gás  $\text{CO}_2$  a fim de manter a anaerobiose.

As amostras permaneceram por 72 horas (h) em incubação, sendo às 48 h iniciais em fermentação seguida pela adição de 8g de pepsina e 40 mL de ácido clorídrico em cada jarro, por mais 24 h.

Terminado o período de incubação, os sacos foram cuidadosamente lavados em água corrente até a mesma ficar clara e em seguida, levados à estufa 55° C, onde

permaneceram por mais 72 h para secagem. Após esse processo os sacos foram pesados e os resíduos retirados para que fosse feita análise química do material.

A digestibilidade da MS foi calculada pela fórmula descrita a seguir:

1)  $DIVMS, \% = 100 - \left\{ \frac{(PSR - PTS) \times 100}{PA} \right\}$ ; Onde PSR = Peso do saquinho + resíduo após o ensaio de digestibilidade; PTS = Peso da tara do saquinho e PA = peso da amostra colocada dentro do saquinho).

Já as digestibilidades da FDN e da FDA foram calculadas pela fórmula a seguir:

1)  $DIVFDN$  e  $DIVFDA$  (%ASA)  $= \left\{ \frac{(PCR - PC) \times 100}{PA} \right\}$  onde PCR = Peso de cadinho filtrante + resíduo após ter passado pela análise para a determinação de FDN ou FDA ; PC = Peso do cadinho filtrante e PA = Peso de amostra colocado dentro do cadinho filtrante proveniente do ensaio da digestibilidade

Foram determinados os coeficientes de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), da fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA).

## **2.5 Delineamento Estatístico**

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3, (onde eram três tipos de cana x três tempos de armazenamento), com três repetições. Compararam-se as médias dos tratamentos pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa estatístico ESTAT (BANZATTO e KRONKA, 1992) (estat – Sistema para análise estatística, versão 2.0, Departamento de Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP).

## **3 Resultados e Discussão**

Na Tabela 2 podem ser observados os dados de pH, temperatura interna (TI) e temperatura externa (TE) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos. As coletas dos dados foram realizadas às 05 horas durante os três dias do experimento, correspondendo aos tempos de armazenamento escolhidos, os quais foram de 12; 36 e 60 horas.



Tabela 2. Médias de pH e temperaturas interna e externa da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	pH	Temperatura Interna (°C)	Temperatura Externa (°C)
<b>Tipo de Cana (TC)</b>			
Cana <i>in natura</i>	3,69 c	29,04 a	18,73 a
CH (Cal Virgem 0,5%)	7,23 a	28,50 ab	17,22 b
CH (Cal Hidratada 0,5%)	6,67 b	27,16 b	17,27 b
Teste F	800,4040**	6,5325**	6,8278**
<b>Tempos de Armazenamento (TA)</b>			
12 h	7,40 a	23,17 c	15,18 c
36 h	6,09 b	29,45 b	17,01 b
60 h	4,09 c	32,07 a	21,03 a
Teste F	612,0776**	146,3885**	83,1642**
<b>F para interação</b>			
TC x TA	60,9248**	9,8929**	2,6406 <sup>NS</sup>
DMS (5%)	0,2428	1,3646	1,1838
CV,%	3,43	4,01	5,54

ns, \*, \*\*: não significativo; significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente

CV = Coeficiente de Variação

DMS = diferença mínima significativa

CH = Cana Hidrolisada

Verificou-se que houve diferença ( $P < 0,01$ ) para os valores de TE dos amontoados de cana-de-açúcar *in natura* (média de 18,73°C), em relação à médias de 17,22°C para a hidrólise com cal virgem e 17,27°C para a cal hidratada. Apesar desta variável poder ser considerada de baixa relevância dentro da discussão, devido à mesma estar sujeita a interferência da temperatura ambiente, notou-se temperaturas menores dos amontoados de cana que foram submetidos à hidrólise com ambas as cales. Portanto pode-se concluir que as cales foram capazes de evitar aumentos da TE dos amontoados de cana.

Considerando os tempos de armazenamento as médias obtidas para a TE apresentou valores mais elevados à medida que a cana-de-açúcar permaneceu mais tempo armazenada. Para 12 horas de armazenamento a média da TE foi 15,18°C, valor que diferiu estatisticamente das médias obtidas para os demais tempos ( $P < 0,01$ ), os quais foram de 17,01 e 21,03°C para 36 e 60 horas respectivamente ( $P < 0,01$ ).

A análise estatística revelou que houve efeito da interação tipos de cana x tempos de armazenamento ( $P < 0,01$ ) para os valores de pH e TI dos amontoados de

cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos (Tabela 2). O desdobramento desta interação está apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Desdobramento da interação entre o tempo de armazenamento e o tipo de cana sobre o pH e temperatura interna do amontoado da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Tipo de Cana (TC)	Tempos de Armazenamento (horas)			Teste F	DMS
	pH				
	12	36	60		
Cana <i>in natura</i>	4,75 Ca	3,23 Bb	3,09 Cb	62,60**	0,4205
CH (Cal Virgem 0,5%)	9,15 Aa	7,54 Ab	4,99 Ac	324,23**	
CH (Cal Hidratada 0,5%)	8,29 Ba	7,52 Ab	4,21 Bc	347,08**	
Teste F	400,98**	453,83**	67,43**		
DMS	0,4205				
CV, %	3,43				
Tipo de Cana (TC)	Temperatura Interna (°C)			Teste F	DMS
	12	36	60		
	Cana <i>in natura</i>	23,36Ab	32,83Aa		
CH (Cal Virgem 0,5%)	23,26Ac	28,80Bb	33,43Aa	60,44**	
CH (Cal Hidratada 0,5%)	22,90Ac	26,73Bb	31,86ABa	47,22**	
Teste F	0,14ns	22,45**	3,72**		
DMS	2,3635				
CV, %	4,01				

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

ns, \*, \*\*: não significativo; significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente;

CV = Coeficiente de Variação.

DMS = Diferença Mínima Significativa

CH = Cana Hidrolisada

Os valores de pH para a cana *in natura* foram de 4,75; 3,23 e 3,09 para os tempos de 12; 36 e 60 horas de armazenamento respectivamente. Pode-se verificar que com 12 horas de armazenamento o valor de pH da cana *in natura* está abaixo do pH normal deste volumoso recém picado, o qual é de 5,57 (NICOLA, 2007). Os baixos valores e sua diminuição à medida que avança o tempo de armazenamento para a cana não hidrolisada também foi observado por NICOLA, (2007) que verificou valores de 5,57; 3,48; 3,22; 3,21 e 3,21 para respectivamente 0; 24; 48; 72 e 96 horas de exposição ao ar.

Considerando-se as médias de pH para a cana hidrolisada com as diferentes cale, observou-se valores de 9,15; 7,54 e 4,99 para a cal virgem ( $P < 0,01$ ) e de 8,29; 7,52 e 4,21 para a cal hidratada ( $P < 0,01$ ) para 12; 36 e 60 horas de armazenamento

respectivamente. Os valores de pH elevaram-se com o tratamento alcalino em relação ao tratamento da cana *in natura*, o qual apresentou os menores valores de pH em todos os tempos, mostrando assim a influência da cal na elevação do mesmo.

Verificou-se que a cana hidrolisada com cal virgem apresentou valor de pH superior ao encontrado pela cal hidratada, exceto às 36 horas de armazenamento. Isso pode ser atribuído a maior concentração de óxido de cálcio presente na cal virgem quando comparada à cal hidratada. NICOLA (2007) hidrolisou a cana-de-açúcar com 0,5% de cal virgem e encontrou valores semelhantes aos do presente trabalho, os quais foram de 9,85; 7,07; 4,16; 3,71 e 3,65 respectivamente para 0; 24; 48; 72 e 96 horas de armazenamento. Ressalta-se que ambas as cales exerceram poder de hidrólise, apesar da diferença na concentração de óxido e hidróxido de cálcio (Tabela 1) e das médias de pH observadas ao longo dos períodos de armazenamento. Notou-se que as 60 horas, os valores médios de pH foram semelhantes estatisticamente, demonstrando efeitos semelhantes de ambas as cales.

As médias de TI dos diferentes amontoados de cana-de-açúcar *in natura* foram de 23,36; 32,83 e 30,93°C nos tempos de 12; 36 e 60 horas de armazenamento, respectivamente. Observou-se que somente o tempo de 12 horas de armazenamento diferiu dos demais ( $P < 0,01$ ). Considerando a TI cana-de-açúcar hidrolisada com ambas as cales, obteve-se médias de 23,26; 28,80 e 33,43°C para cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e 22,90; 26,73 e 31,86°C para cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada para os respectivos tempos de armazenamento (12; 36 e 60 horas).

Considerando-se os tratamentos que sofreram a hidrólise, as médias de TI diferiram entre si estatisticamente ( $P > 0,01$ ). Verificou-se também que o maior valor de TI observado para a cana *in natura* foi no tempo de 36 horas, enquanto que para os tratamentos que sofreram o processo de hidrólise as maiores médias de TI foram alcançadas no tempo de 60 horas. Tal fato pode estar relacionado com a preservação da cana à ação de microrganismos (DOMINGUES et al, 2006), os quais, através de sua ação provocam a deterioração aeróbica da cana-de-açúcar que acarreta na elevação na temperatura interna da massa (BERNARDES, 2007).

Na Tabela 4 está expressa a composição bromatológica da cana-de-açúcar conforme os tratamentos propostos.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos tipos de cana-de-açúcar e nem dos tempos de armazenamento sobre o teor de matéria seca (MS). O pequeno aumento nas médias de MS é devido a adição das cales nos amontoados de cana-de-açúcar, após 12 horas de armazenamento.

OLIVEIRA et al. (2006b) observaram efeito dos níveis de cal hidratada sobre o teor de MS da cana-de-açúcar. O nível de 0,5% de cal aumentou significativamente ( $P < 0,01$ ) o teor de MS da cana-de-açúcar em 11,63% quando comparado ao tratamento sem adição de cal. OLIVEIRA et al. (2007b) também observaram que o nível de cal influenciou no teor de MS da cana ( $P < 0,01$ ). Observou-se que o teor de MS foi maior quando a cana foi hidrolisada com 1,0 % de cal. Os valores obtidos por esses autores tiveram aumentos de 0,78 ( $P > 0,05$ ) e 14,43 % ( $P < 0,01$ ) da cana *in natura*, quando comparada respectivamente com os níveis de 0,5 e 1,0% de cal virgem.

Para os tempos de armazenamento os teores de MS apresentaram reduções de apenas 0,59 e 1,67% nos tempos 36 e 60 horas quando comparados com o tempo de 12 horas de hidrólise, isso mostra que os agentes alcalinizantes inibem o processo de deterioração anaeróbica de materiais ricos em carboidratos como é o caso da cana. Este fato é de suma importância, pois um dos pontos mais indagados pelos produtores é por quanto tempo a cana hidrolisada pode ficar armazenada sem sofrer queda na sua qualidade. DOMINGUES et al. (2007) diferentemente dos dados obtidos no presente trabalho observaram aumento no teor de MS em todos os tempos observados (0; 24; 48; 72 e 96 horas de exposição ao ar) e alegou esse resultado a secagem natural do material.

Houve diferença estatística ( $P < 0,01$ ) nos valores de MO para os tipos de cana ( $P < 0,01$ ), por outro lado para os tempos de armazenamento não tiveram influência nos teores de MO ( $P > 0,05$ ). A média obtida para cana-de-açúcar *in natura* (96,94%), quando comparada às médias obtidas nos dois tipos de cana hidrolisada, os quais tiveram resultados de 94,29% para a hidrólise com cal virgem e 95,29% para a cal hidratada, notou-se valores menores para os tipos de cana que foram submetidos à hidrólise com ambas as cales. Este resultado já era esperado visto que com a inclusão das cales causou um aumento no teores de MM e por conseqüência uma diminuição nos valores de MO.

Tabela 4. Teores médios, em porcentagem, de matéria seca (MS), carboidratos totais (CHT), carboidratos não fibrosos (CNF), matéria orgânica (MO) e de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Tratamento	MS	MO	MM	PB	EE	CHT	CNF	FDN	FDA	HEM	CEL	LIG	NDT
Cana (C)													
<i>Cana in natura</i>	24,76a	96,94a	2,04c	2,65a	1,24a	94,05a	48,24b	45,25a	19,66a	25,59a	15,20a	4,46a	62,48b
CH (Cal Virgem 0,5%)	25,00a	94,29c	4,09a	2,51a	1,18a	92,21b	51,10ab	41,10b	18,44a	22,66b	13,96a	4,48a	64,75ab
CH (Cal Hidratada 0,5%)	25,03a	95,29b	3,32b	2,53a	1,20a	92,94b	52,86a	40,07b	18,71a	21,36b	14,15a	4,54a	65,89a
Teste F	0,196 <sup>NS</sup>	33,936 <sup>**</sup>	47,59 <sup>**</sup>	1,781 <sup>NS</sup>	0,068 <sup>NS</sup>	14,01 <sup>**</sup>	3,79 <sup>**</sup>	5,234 <sup>*</sup>	0,281 <sup>NS</sup>	9,596 <sup>**</sup>	0,300 <sup>NS</sup>	0,050 <sup>NS</sup>	4,357 <sup>*</sup>
Tempo de Armazenamento (TA)													
12 h	25,12a	95,99a	2,95a	2,18b	1,16a	93,69a	54,01a	39,68a	17,60a	22,06b	13,11a	4,50a	66,01a
36 h	24,70a	95,21a	3,20a	2,75a	1,31a	92,72b	49,63b	43,08a	20,20a	22,87ab	15,77a	4,43a	63,98a
60 h	24,97a	95,18a	3,30a	2,75a	1,14a	92,79b	48,56b	43,67a	19,00a	24,67 <sup>a</sup>	14,42a	4,57a	63,14a
Teste F	0,397 <sup>NS</sup>	3,578 <sup>NS</sup>	1,441 <sup>NS</sup>	31,637 <sup>**</sup>	0,699 <sup>NS</sup>	4,74 <sup>*</sup>	5,82 <sup>*</sup>	3,240 <sup>NS</sup>	1,152 <sup>NS</sup>	3,648 <sup>*</sup>	1,200 <sup>NS</sup>	0,120 <sup>NS</sup>	3,139 <sup>NS</sup>
F para interação													
C x TA	2,109 <sup>NS</sup>	0,274 <sup>NS</sup>	0,409 <sup>NS</sup>	0,517 <sup>NS</sup>	5,454 <sup>**</sup>	1,295 <sup>NS</sup>	3,73 <sup>*</sup>	2,775 <sup>NS</sup>	2,667 <sup>NS</sup>	1,160 <sup>NS</sup>	2,266 <sup>NS</sup>	0,847 <sup>NS</sup>	2,314 <sup>NS</sup>
DMS (5%)	1,206	0,870	0,543	0,211	0,402	0,896	4,318	4,324	4,376	2,521	4,391	0,740	3,003
CV, %	4,02	0,757	14,31	6,83	27,61	0,80	7,07	8,52	19,20	9,02	25,27	13,66	3,87

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

NS, \*, \*\*: não significativo; significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, respectivamente

CV = Coeficiente de Variação

DMS = diferença mínima significativa

A redução da fração da MO também foi observada por OLIVEIRA et al. (2006b). Esses autores também encontraram diferença significativa nas médias dos teores de MO da cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de cal hidratada. As médias foram de 97,38% na MS para a cana *in natura* contra 95,33% na cana tratada com 0,5% de cal hidratada.

Os tempos de armazenamento não influenciaram ( $P>0,05$ ) no teor de MO. As médias obtidas foram de 95,99; 95,21 e 95,18% para a cana *in natura*, cana hidrolisada com de cal virgem e cana hidrolisada com cal hidratada, respectivamente.

Para os teores de MM foi verificada uma diferença significativa somente para os tipos de cana ( $P<0,01$ ), sendo que, como já era previsto a cana *in natura* apresentou menor valor (2,04%) para essa variável. Os tratamentos que sofreram a hidrólise com 0,5% de cal virgem e cal hidratada apresentaram respectivamente médias de 4,09 e 3,32%. Os tempos de armazenamento não influíram no teor de MM ( $P>0,05$ ).

OLIVEIRA et al. (2006b) também encontraram diferença significativa nas médias da fração mineral da cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de cal hidratada. Segundo esses autores a cana *in natura* apresentou teor de 2,75% contra 4,66% na cana tratada com 0,5% de cal hidratada. SILVA et al. (2006) avaliaram o tratamento da cana-de-açúcar em amontoados com diferentes tempos de exposição ao ar (zero, 1, 2; 3, 6, 12 e 24 horas) e, observaram que a adição de 1% da cal hidratada elevou a fração mineral para valores médios de 4,84% contra 1,96% da MS para a cana não tratada. SANTOS (2007) não verificou influência nos teores da fração mineral para o modo de aplicação da cal (seco ou em solução), mas por outro lado verificou influência dos níveis de cal e os tempos de exposição aeróbica sobre o teor de MM. Esses mesmos autores observaram a interação entre os fatores analisados.

O teor de PB não sofreu influência dos tipos de cana ( $P>0,05$ ), apresentando médias para os tratamentos que sofreram hidrólise com cal virgem e cal hidratada de 2,51 e 2,53%, respectivamente, as quais numericamente foram inferiores a média obtida pela cana *in natura*, a qual foi de 2,65%. Portanto, houve reduções percentuais de 5,28 e de 4,52% no teor protéico das canas hidrolisadas com cal virgem e cal hidratada quando comparadas ao tratamento de cana *in natura*.

SILVA et al. (2006) hidrolisaram a cana-de-açúcar com cal hidratada (1 kg/100kg de cana-de-açúcar picada) e após 24 horas observaram uma redução no teor da PB. Segundo os autores a cal promoveu alteração na estrutura da proteína, que está presente no conteúdo da bainha parenquimática dos feixes vasculares das plantas C4 que contém alto teor de carboidratos estruturais, que podem estar associados à lignina. Resultados semelhantes foram obtidos a DOMINGUES et al. (2007) também encontraram diminuição nos teores de PB com o aumento da dose de cal virgem, porém descreveu como motivo desta redução o aumento de MS. O teor de proteína permaneceu o mesmo, no entanto, a adição de cal aumentou o teor de MS e o percentual de PB diminuiu, visto que o mesmo está relacionado ao total de MS.

Apesar da diminuição numérica, salienta-se que os compostos nitrogenados estão poucos presentes na cana-de-açúcar e são representados principalmente por aminoácidos (WIGGENS, 1949). Assim, torna-se necessário e fundamental a correção da mesma a fim de proporcionar uma dieta e desempenho adequado aos animais que estiverem sendo alimentados com a cana como volumoso (OLIVEIRA, 1999).

Analisando os tempos de armazenamento, verificou-se que os mesmos tiveram influência sobre os teores de PB ( $P < 0,01$ ). As médias foram de 2,18; 2,75 e 2,75% para respectivamente cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada. DOMINGUES et al. (2007) também encontraram um aumento no teor de PB com o decorrer do tempo de armazenamento. Segundo esses autores este aumento se deve à presença de microrganismos, leveduras e fungos, que são analisados juntamente com a cana. O aumento no número de unidades formadoras de colônia presentes material foi descrita por DOMINGUES et al. (2006).

SANTOS (2007) verificou que o teor de PB foi influenciado ( $P < 0,01$ ) pelo nível de 0,5% de cal virgem, aplicado tanto na forma de pó quanto na forma de solução. Verificou também que para os tempos de exposição ao ar (exceto o tempo zero) tiveram influência sobre o teor de PB ( $P < 0,01$ ) em ambas as formas de aplicação (pó e solução).

Observou-se diminuição significativa ( $P < 0,01$ ) dos teores de CHT nos diferentes tipos de cana. As médias obtidas foram de 94,05; 92,21 e 92,94%, respectivamente, na cana *in natura*, cana hidrolisada com cal virgem e cana hidrolisada com cal hidratada.

Pode-se verificar que a queda foi pouco acentuada, cerca de 1,95% para a cana hidrolisada com cal virgem e de 1,18% para cana hidrolisada com cal hidratada em comparação ao teor de CHT da cana *in natura*.

Os tempos de armazenamento diminuíram significativamente ( $P < 0,05$ ) o teor de CHT. A média obtida para 12 horas de armazenamento foi de 93,69%, a qual foi superior a média obtida pelos tratamentos de 36 e 60 horas, que foram de 92,72 e 92,79%, respectivamente. A redução no teor de CHT, para ambas variáveis analisadas pode ter ocorrido devido ao consumo dos CNF pelos microrganismos, os quais aumentaram o seu desenvolvimento (DOMINGUES et al. 2006). Essa explicação também se aplica aos tratamentos que receberam cal, pois essa retardou e não cessou o crescimento dos microrganismos presentes na cana.

OLIVEIRA et al. (2006b) observaram diminuição significativa ( $p < 0,01$ ) nos teores de CHT para os níveis de cal hidratada estudados. Apesar da queda pouco acentuada, cerca de 1,24% para o nível de 0,5% em comparação ao nível zero. Esses autores também notaram redução numérica nos teores de CHT para os tempos de hidrólise (3 e 6 horas).

O teor de CHT é importante, pois é a partir de sua fermentação no rumem que tem origem a produção de ácidos graxos de cadeia curta que representam a principal fonte de energia para ruminantes (ISHLER et al. 2000). Além disso, o uso de CHT pelos microrganismos do rumem é um fator crítico para a maximização da síntese de proteína microbiana e manutenção da função ruminal (VARGA e KONONOFF, 1999).

Houve redução de 9,17 e 11,45% ( $P < 0,01$ ) no teor de FDN da cana hidrolisada com cal virgem e cana hidrolisada com cal hidratada em relação à cana *in natura* (Tabela 4). Notou-se uma maior redução do teor de FDN para a cal hidratada, a qual apresentou um poder de hidrólise superior ao da cal virgem. Os valores obtidos foram de 45,25; 41,10 e 40,07% para cana *in natura*, cana hidrolisada com cal virgem e cana hidrolisada com cal hidratada, respectivamente.

SILVA et al. (2006) encontrou redução significativa nos teores de FDN da cana hidrolisada com 1% de cal hidratada em relação ao tratamento controle. Durante 24 horas de exposição ao ar, esses autores encontraram valores médios de FDN de 53,7% para a forragem tratada contra 59,4% para o tratamento controle. OLIVEIRA et al.



(2006b) encontraram redução na fração de FDN com a utilização de cal hidratada, com teores de 35,93% para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* contra 33,83% para a cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada. De fato de acordo com KLOPFENSTEIN (1978) o tratamento de resíduos fibrosos com agentes alcalinizantes resulta em alterações na fração fibrosa. DOMINGUES et al. (2007) também encontraram uma diminuição no teor de FDN da cana não tratada, o qual era de 48,00%, contra 43,40% da cana hidrolisada com a aplicação de 0,5% de cal virgem, apresentando uma redução percentual de 9,58%.

A redução na fração de FDN observada em diversos trabalhos resultou da solubilização parcial dos constituintes da parede celular, pois o efeito dos produtos alcalinos normalmente ocorre pela solubilização parcial da hemicelulose e pela expansão da celulose, o que facilita o ataque dos microrganismos do rúmen à parede celular (JACKSON, 1977). Conseqüentemente, à parte solubilizada foi perdida durante o processo de filtração para a retirada do detergente neutro (DOMINGUES et al. 2007).

Houve aumento significativo ( $P < 0,01$ ) no teor de FDN da cana com o aumento nos tempos de armazenamento. Neste sentido, ocorreram aumentos de 8,57 e 10,05% no teor de FDN quando a cana foi hidrolisada com cal virgem e cal hidratada, respectivamente. DOMINGUES et al. (2007) também encontraram um aumento no teor de FDN com o decorrer do tempo de armazenamento. Esses autores encontraram valores médios de FDN de 36,9; 38,2; 37,4; 41,4; 42,3 e 42,3% para respectivamente, zero; 24; 48; 72 e 96 horas de armazenamento. Este aumento também pode ser atribuído devido ao consumo dos CNF pelos microrganismos, os quais aumentaram o seu desenvolvimento (DOMINGUES et al. 2005).

SANTOS (2007) observou aumento nas médias de FDN, quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 0,5% de cal virgem, tanto na forma em solução (0,5 kg de cal:2 litros de água: 100 kg de cana picada) quanto a seco (cal aplicada diretamente sobre a cana) ao decorrer dos tempos de exposição ao ar.

No caso dos tipos de cana, as médias de FDA foram semelhantes ( $P > 0,05$ ), entretanto apesar de não ter ocorrido diferença significativa, numericamente as médias para os tratamentos que sofreram a hidrólise foram menores. As reduções foram apenas de 6,20 e 4,83% para as canas hidrolisadas com de cal virgem e cal hidratada,

respectivamente. Mesmo não havendo diferença estatística, pode-se observar através dessas pequenas reduções o poder hidrolisante das cales sobre a fração celulósica da parede celular.

DOMINGUES et al. (2007) não encontraram diferença significativa no teor de FDA utilizando 0,5% de cal virgem, porém quando aumentaram a dose para 1,0% obtiveram uma redução de 16,60% quando comparado com a cana tratada com o tratamento controle. As médias dos teores de FDA para os níveis zero; 0,5 e 1,0% de cal são respectivamente de 25,3; 24,4 e 21,1%. OLIVEIRA et al. (2007b) também verificaram diferença para o teor de FDN somente para o nível de 1,0% de cal virgem, com redução de 7,73% da cana hidrolisada com este nível em comparação ao tratamento da cana *in natura*. Esses autores obtiveram médias de 24,06; 22,45 e 22,20% para os tratamentos com zero; 0,5 e 1,0% de cal virgem, respectivamente.

A redução nos teores de FDN da cana é mais um aspecto positivo quando se pretende utilizar a cana hidrolisada como volumoso na alimentação de bovinos. Este aspecto está diretamente relacionado com a melhoria na digestibilidade da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2002; PIRES et al., 2004; SILVA et al., 2004).

Para os tempos de armazenamento, não houve diferença sobre os teores de FDA ( $P > 0,05$ ). Mas numericamente apresentaram aumentos de 14,77 e 7,95% nos tempos 36 e 60 horas quando comparados com o tempo de 12 horas de hidrólise.

Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por SANTOS (2007), que observou aumento nas médias de FDA, quando a cana-de-açúcar foi hidrolisada com 0,5% de cal virgem, tanto na forma em solução (0,5 kg de cal:2 litros de água: 100 kg de cana picada) quanto a seco (cal aplicada diretamente sobre a cana) ao decorrer dos tempos de exposição ao ar. DOMINGUES et al. (2007) também verificaram esse aumento no teor de FDA à medida que aumentava o tempo de exposição ao ar.

Observou-se diminuição significativa ( $P < 0,01$ ) para os teores de HEM para os tipos de cana. As médias foram de 25,59; 22,66 e 21,36%, respectivamente, na cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada. Os teores sofreram quedas de cerca de 11,45% na cana hidrolisada com cal virgem e de 16,53% na cana hidrolisada com cal hidratada em comparação ao teor de HEM da cana *in natura*. Este fato demonstra a ação entumecedora da cal como agente

alcalinizante. Porém tal ação se fez mais acentuadamente sobre a HEM, visto que houve maior redução (média de 16,5%), no teor de HEM da cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada. Segundo JACKSON (1977), a hidrólise é mais evidente sobre a HEM. Este aspecto é interessante, pois demonstra que o nível de 0,5% de cal para ambas as cales estudadas neste trabalho já é o suficiente para que ocorra a solubilização parcial da hemicelulose.

A redução no teor de HEM também foi encontrado por DOMINGUES et al. (2007), esses autores encontraram diferença significativa no teor deste nutriente utilizando 0,5% de cal virgem, As médias dos teores de HEM para os níveis zero; 0,5 e 1,0% de cal foram, respectivamente, de 22,7; 19,0 e 15,9%, causando reduções de 16,29 e 29,95% entre os níveis zero a 0,5% e 0,5% a 1,0%, respectivamente. OLIVEIRA et al. (2007b) verificaram diferença para o teor de HEM somente para o nível de 1,0% de cal virgem, com redução de 22,51% da cana hidrolisada com este nível em comparação ao tratamento da cana *in natura*. Esses autores obtiveram médias de 16,26; 16,81 e 12,60% para os tratamentos com zero; 0,5 e 1,0% de cal virgem, respectivamente. Deve-se ressaltar que a cal utilizada pelos autores possuía apenas 53,10% de óxido de cálcio e, portanto houve necessidade de um maior nível de cal (1,0%) foi necessário para que ocorresse a hidrólise.

Segundo KLOPFESTEIN (1980) a hidrólise de forrageiras com agentes alcalinizantes (por exemplo: óxido e o hidróxido de cálcio) causa solubilização parcial da hemicelulose aumentando desta forma a digestão e conseqüentemente o aproveitamento das mesmas.

Os tempos de armazenamento aumentaram significativamente ( $P < 0,05$ ) o teor de HEM. As médias foram de 13,11; 15,77 e 14,42%, respectivamente, na cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada. Os teores sofreram aumentos de cerca de 20,29% para a cana hidrolisada com cal virgem e de 10,00% para cana hidrolisada com cal hidratada em comparação ao teor de HEM da cana *in natura*.

OLIVEIRA et al. (2006b) não verificaram efeito dos tempos, 0; 3 e 6 horas de hidrólise sobre esta variável. A ausência deste efeito para o teor de HEM de deveu aos restritos intervalos de tempos analisados pelos autores. Mais resultados semelhantes

verificando o aumento no teor de HEM também foram encontrados por DOMINGUES et al. (2007) e SANTOS (2007) que observaram aumentos desta fração à medida que o tempo de exposição ao ar aumentava. Se por um lado o efeito da hidrólise foi bem evidente, provocando alterações nos teores de HEM, o mesmo não ocorreu em relação a CEL.

O efeito alcalinizante das cales provoca a solubilização parcial da HEM, o qual foi evidenciado no presente trabalho. Mas também ocorre o intumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio (JACKSON, 1977). Nas condições do presente trabalho, o intumescimento alcalino da celulose não ocorreu, fazendo que não houvesse efeito nos teores desta variável nem para os tipos de cana e nem para os tempos de armazenamento ( $P > 0,05$ ). As médias de CEL para os tipos de cana foram de 15,20; 13,96 e 14,15%, enquanto os valores obtidos para os tempos de armazenamento foram de 13,11; 15,77 e 14,42%, nas canas *in natura*, hidrolisada com cal virgem e cal hidratada, respectivamente.

Semelhante à CEL, o teor de LIG não foi afetado. Para os tipos de cana os teores de LIG foram semelhantes ( $P > 0,05$ ), com médias de 4,46; 4,48 e 4,54% na cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada, respectivamente. Também não houve efeito dos tempos de armazenamento ( $P > 0,05$ ) sobre os teores de LIG, cujas médias obtidas foram de 4,50; 4,43 e 4,57% nos tempos de 12; 36 e 60 horas de armazenamento, respectivamente. De acordo com KLOPFENSTEIN (1980) o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico no caso da cal, mas a ação desta, leva ao aumento da taxa de digestão da fibra. No presente trabalho, tal fato não ocorreu.

Pode-se notar que o teor de NDT foi afetado ( $P < 0,01$ ) pelos tipos de cana. Foram obtidas médias de 62,48; 64,75 e 65,89%, para cana *in natura*, cana hidrolisada com cal virgem e cal hidratada, respectivamente. Verificaram-se aumentos percentuais na ordem de 3,63 e 5,45% nos teores de NDT das canas hidrolisadas com cal virgem e cal hidratada, respectivamente, quando comparado a média obtida pela cana *in natura*.

Os teores de NDT foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) para os tempos de armazenamento. Apresentando médias de 66,01; 63,98 e 63,13%. Houve uma pequena

queda de 3,07 e 4,36% nos teores de NDT das canas hidrolisadas com cal virgem e cal hidratada, respectivamente, quando comparada à média de NDT da cana *in natura*. Esse fato já era esperado, visto que a partir da fórmula proposta por (CAPELLE et al. 2001) o teor de NDT está inversamente proporcional ao teor de FDN da amostra. E com os valores obtidos para FDN, para as canas que sofreram o processo de hidrólise foram maiores que o valor obtido pelo tratamento controle, e por consequência valores maiores de NDT para as canas hidrolisadas com as cales virgem e hidratada.

Os tempos de armazenamento não influenciaram os teores de NDT ( $P > 0,05$ ), Apesar de que numericamente as médias obtidas nos tempos de 36 e 60 horas menores quando comparadas às 12 horas de armazenamento. Observaram-se diminuições de 3,07 e 4,34% para os tempos 36 e 60 horas, respectivamente, quando comparado à média obtida no tempo de 12 horas. Estes valores também estão ligados diretamente aos valores de FDN para os tempos de armazenamento, visto que mesmo não sendo observada diferença significativa para os diferentes tempos. Notou-se que numericamente os valores de FDN para os tempos de 36 e 60 horas foram maiores do que a média obtida pelo tempo de 12 horas de armazenamento.

A análise estatística revelou que houve efeito da interação tipos de cana x tempos de armazenamento ( $P < 0,01$ ) para os valores de EE e CNF dos amontoados de cana-de-açúcar submetidos aos diferentes tratamentos. O desdobramento desta interação está apresentado na Tabela 5

Considerando-se os tempos de armazenamento, observou-se que não houve efeito dos níveis sobre as médias de EE em nenhum dos tempos ( $P > 0,05$ ). As menores médias ocorreram nos tratamentos que sofreram hidrólise. Em relação aos tipos de cana, os resultados mostram que, apenas na cana *in natura* e no tempo de armazenamento de 36 horas, houve diferença para os demais tempos ( $P < 0,05$ ). Apesar da diferença, o fato da cana apresentar teor muito baixo de extrato etéreo, não é preocupante, uma vez que o teor de NDT sofreu uma pequena variação. A importância da cana como fonte de energia na forma de gordura é praticamente nula.

Por meio do desdobramento dos valores obtidos para CNF, nos diferentes tempos de armazenamento, notou-se que houve efeito dos níveis sobre as médias somente para o tempo de 60 horas ( $P < 0,01$ ). Porém observamos médias menores

obtidas para o tratamento da cana *in natura* quando comparamos com as médias dos tratamentos das canas que sofreram o processo de hidrólise com ambos os tipos de cal (virgem e hidratada). Em relação aos tipos de cana, os resultados mostraram que, na cana *in natura* o tempo de armazenamento influi nas médias de CNF ( $P < 0,01$ ). Para este tratamento as medias foram de 50,92; 47,48 e 41,60%, respectivamente, nos tempos de 12; 36 e 60 horas de armazenamento. Este resultado demonstrou a ação das cales no controle do crescimento da população dos microrganismos, os quais utilizam os açúcares que são uma das frações que compõe a concentração de CNF para o seu crescimento e multiplicação.

Tabela 5. Desdobramento da interação entre o tempo de armazenamento e o tipo de cana sobre os teores de extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Tipo de Cana (TC)	Tempos de Armazenamento (horas)			Teste F	DMS
	Extrato Etéreo				
	12	36	60		
Cana <i>in natura</i>	1,01Ab	1,76Aa	0,95Ab	5,5081*	0,6975
CH (Cal Virgem 0,5%)	1,57Aa	1,07Aa	0,92Aa	3,0922 <sup>NS</sup>	
CH (Cal Hidratada 0,5%)	0,92Aa	1,11Aa	1,57Aa	3,0090 <sup>NS</sup>	
Teste F	3,2945 <sup>NS</sup>	4,0403*	3,6439*		
DMS	0,6975				
CV, %	27,61				
Tipo de Cana (TC)	Carboidratos não Fibrosos			Teste F	DMS
	12	36	60		
Cana <i>in natura</i>	50,92Aa	47,48Ab	41,60Bb	11,6063**	7,4789
CH (Cal Virgem 0,5%)	55,65Aa	51,33Aa	51,06Aa	0,0101 <sup>NS</sup>	
CH (Cal Hidratada 0,5%)	55,46Aa	50,10Aa	53,02Aa	1,6800 <sup>NS</sup>	
Teste F	1,6742 <sup>NS</sup>	0,9009 <sup>NS</sup>	8,6885**		
DMS	7,4789				
CV, %	7,07				

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

ns, \*, \*\*: não significativo; significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente;

CV = Coeficiente de Variação.

DMS = Diferença Mínima Significativa; CH = Cana Hidrolisada

Na Tabela 6 podem ser observados os dados do desdobramento da fração mineral da cana-de-açúcar submetidas aos diferentes tratamentos.

Os resultados estatísticos mostraram (Tabela 6) que houve efeito dos tipos de cana ( $P < 0,01$ ) somente sobre as porcentagens de cálcio (Ca). A hidrólise promoveu a elevação no nível de Ca. Em média, o aumento de Ca foi de 605,88 e 452,94%, respectivamente, para a cana hidrolisada com cal virgem e cal hidratada em relação à

cana *in natura*. Esta alteração no nível de Ca, pode ser explicada pela composição das cales, através da sua concentração e a disponibilidade dos minerais.

Tabela 6. Teores médios de Cálcio (Ca), Fósforo (P), Magnésio (Mg) e Potássio (K), em %, e de Ferro (Fe), em mg/Kg, da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	Ca	P	Mg	K	Fe
<b>Tipo de Cana (TC)</b>					
Cana <i>in natura</i>	0,17c	0,07a	0,97a	0,59a	247,55a
CH (Cal Virgem 0,5%)	1,03a	0,07a	0,96a	0,61a	254,44a
CH (Cal Hidratada 0,5%)	0,77b	0,06a	0,94a	0,55a	257,66a
Teste F	45,171**	1,000 <sup>NS</sup>	0,875 <sup>NS</sup>	1,385 <sup>NS</sup>	1,749 <sup>NS</sup>
<b>Tempos de Armazenamento (TA)</b>					
12 h	0,70a	0,06a	0,95a	0,59a	257,77a
36 h	0,57a	0,07a	0,95a	0,58a	249,88a
60 h	0,69a	0,07a	0,97a	0,58a	257,00a
Teste F	1,181 <sup>NS</sup>	1,777 <sup>NS</sup>	0,500 <sup>NS</sup>	0,057 <sup>NS</sup>	1,093 <sup>NS</sup>
<b>F Interação</b>					
TC x TA	1,065 <sup>NS</sup>	1,777 <sup>NS</sup>	0,125 <sup>NS</sup>	0,362 <sup>NS</sup>	0,203 <sup>NS</sup>
DMS (5%)	0,2363	0,012	0,006	0,092	14,098
CV, %	9,77	14,06	5,65	12,94	4,62

ns, \*, \*\*: não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente;

CV = Coeficiente de Variação;

DMS = Diferença Mínima Significativa.

CH = Cana Hidrolisada

A proporção de minerais essenciais nas cinzas da cana-de-açúcar é extremamente baixa (BOIN et al. 1987). Porém, ao optar pela utilização da cana hidrolisada com cal, onde esta fração eleva-se como foi verificado, deve-se atentar não só para a formulação da ração a fim de proporcionar uma dieta equilibrada em minerais, especialmente em relação ao cálcio e fósforo, mas também considerar a biodisponibilidade dos mesmos, visto que conforme a cal utilizada estes valores podem sofrer alterações. Porém deve-se ressaltar que em casos de rebanhos desmineralizados, especialmente em cálcio, a cana hidrolisada poderá exercer um efeito benéfico, em face de uma maior quantidade de Ca existente na cana.

As concentrações dos demais minerais estudados: fósforo (P); magnésio (Mg); e potássio (K), em %, e de ferro (Fe) em ppm não foi observado efeito do tipo de cana sobre suas concentrações ( $P > 0,05$ ). Sendo que os teores destes minerais, exceto de

magnésio, estão dentro dos apresentados por BOIN (1987) que apresentou teores de cálcio, fósforo, magnésio, potássio (%) de 0,30; 0,07; 0,16 e 0,91 e de ferro (PPM) de 244.

Considerando-se as concentrações de todos os minerais sobre o tempo de armazenamento, verificou-se que não houve efeito significativo em nenhum dos minerais estudados. Isto pode ser explicado pelo motivo de que os minerais não são perdidos por volatilização ou transformados pelos microrganismos presentes nos amontoados de cana, permanecendo com a mesma concentração à medida que o tempo aumenta.

Na Tabela 7 estão descritos os valores médios, em porcentagem, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Os resultados experimentais nos indicam que houve efeito significativo dos tipos de cana para a DIVMS ( $P < 0,01$ ). Os coeficientes obtidos para a DIVMS foram de 58,28; 60,57 e 61,27% para cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem e cana hidrolisada com 0,5% de cal hidratada, respectivamente. Observou-se aumento de 3,35 e 4,34 % quando a cana foi submetida à hidrólise com 0,5% de cal virgem e hidratada, respectivamente, quando comparada à cana *in natura*.

Trabalhando com cana-de-açúcar hidrolisada com 3 horas de armazenamento OLIVEIRA et al. (2007a) encontraram médias para o coeficiente de DIVMS de 53,19; 54,83 e 55,55, respectivamente, para os níveis de zero; 0,5 e 1,0% de cal virgem, valores inferiores aos obtidos no presente estudo. Tal fato pode ter se dado por diversos motivos, tais como: o tamanho de partícula; os tempos de armazenamento; homogeneização da solução de cal na cana-de-açúcar, idade da planta entre outros.

O tempo de armazenamento não influenciou ( $P > 0,05$ ) sobre as DIVMS. Por outro lado, numericamente observou-se que houve uma pequena diminuição no coeficiente de DIVMS de apenas 1,54 e 1,70% para os tempos de armazenamento de 36 e 60 horas em relação ao tempo de 12 horas, respectivamente.

De acordo com SILVA et al. (2004), a digestibilidade da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar aumentou de 35% para 60% com a aplicação de cem litros de uma



solução de cal a 3% para cada 125 kg de bagaço, após 48 horas de fermentação, fato observado em caprinos e ovinos.

Tabela 7. Valores médios, em porcentagem, da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da cana-de-açúcar submetida aos diferentes tratamentos.

Tratamentos	DIVMS	DIVFDN	DIVFDA
<b>Cana (C)</b>			
Cana <i>in natura</i>	58,28 b	37,35 b	32,18 a
CH (Cal Virgem 0,5%)	60,57 a	38,84 a	32,26 a
CH (Cal Hidratada 0,5%)	61,27 a	38,83 a	32,21 a
Teste F	20,5549**	16,8960**	0,3339 <sup>ns</sup>
<b>Tempos de Armazenamento (TA)</b>			
12 h	60,80 a	38,40 a	32,14 a
36 h	59,71 a	38,47 a	32,34 a
60 h	59,60 a	38,65 a	32,18 a
Teste F	3,6982 <sup>ns</sup>	0,8678 <sup>ns</sup>	3,1102 <sup>ns</sup>
<b>F para interação</b>			
C x TA	1,3835 <sup>ns</sup>	1,1312 <sup>ns</sup>	0,1299 <sup>ns</sup>
DMS (5%)	0,0124	0,4986	0,2369
CV,%	1,47	1,07	0,61

ns, \*, \*\*: não significativo; significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste Tukey, respectivamente

CV = Coeficiente de Variação

DMS = diferença mínima significativa

CH = Cana Hidrolisada

SCHMIDT et al. (2004) trabalharam com a variedade IAC 86-2480 *in natura*, a mesma utilizada no presente estudo e encontraram média de 52,3% para a DIVMS, portanto inferior a média obtida para a cana-de-açúcar *in natura* neste trabalho (58,28%).

Notou-se que a hidrólise com ambos tipos de cal (virgem e hidratada) influenciou na DIVFDN ( $P < 0,01$ ). As médias da DIVFDN, para as canas-de-açúcar com 0,5% de cal virgem e com 0,5% de cal hidratada, foram de 38,84 e 38,83%, respectivamente, valores superiores ao coeficiente da DIVFDN da cana-de-açúcar *in natura*, o qual foi de 37,35%, o que demonstra o poder de hidrólise de ambas as cales. O tempo de armazenamento não influenciou ( $P > 0,05$ ) sobre as DIVFDN.

OLIVEIRA et al. (2007a) hidrolisaram cana-de-açúcar com 3 horas de armazenamento encontraram médias para o coeficiente de DIVFDN de 38,45; 38,61 e

34,10, respectivamente, para os níveis de zero; 0,5 e 1,0% de cal virgem, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo.

Os maiores valores encontrados na cana-de-açúcar que sofreu o processo de hidrólise com ambas as cales demonstra ação principal dos agentes alcalinizantes (óxido e hidróxido de cálcio), que é a solubilização parcial da hemicelulose, promovendo o fenômeno conhecido como “intumescimento alcalino da celulose”, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando a ruptura das ligações das pontes de hidrogênio, as quais, segundo Jackson (1977), conferem a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose.

O coeficiente de DIVFDA não foi alterado ( $P>0,05$ ) nem pelos tipos de cana-de-açúcar, nem pelos tempos de armazenamento. Os valores dos coeficientes de DIVFDA foram de 32,18; 32,26 e 32,21% para a cana-de-açúcar com 0,5% de cal virgem, cana-de-açúcar com 0,5% de cal hidratada e da cana-de-açúcar *in natura*. Já para os tempos de armazenamento de 12; 36 e 60 horas os valores médios obtidos foram respectivamente, de 32,14; 32,34 e 32,18%. Resultado semelhante foi obtido por OLIVEIRA et al. (2007a) com a cana-de-açúcar hidrolisada nos níveis de zero; 0,5 e 1,0% de cal virgem e com 3 horas de armazenamento também não conseguiram uma melhora no coeficiente de DIVFDA. A DIVFDA nem sempre o efeito é evidente, embora JACKSON (1977), tenha obtido aumento na digestão da CEL.

A ação maior ou menor dos dois tipos de cales (virgem ou hidratada) sobre a digestibilidade *in vitro*, principalmente da FDN, FDA, CEL e HEM, ocorrerá em função de vários fatores, tais como: a concentração de óxido de cálcio total, tamanho da partícula, quantidade utilizada na hidrólise, forma de aplicação, homogeneização da mistura (solução ou em pó), tempo de hidrólise, maturação e variedade da cana-de-açúcar, dentre outros.

#### **4 Conclusão**

A hidrólise com 0,5% de cal virgem ou cal hidratada melhorou o valor nutricional da cana-de-açúcar, aumentando a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da fibra em detergente neutro e da cana-de-açúcar que sofreram o processo de hidrólise, podendo

com base nos resultados obtidos ser utilizada até 60 horas de armazenamento. Visto que ambas as cales foram eficientes, qualquer uma pode ser utilizada para a hidrólise, deixando ao produtor escolher qual utilizar baseado no preço e disponibilidade em sua região.

## 5 Referências Bibliográficas

ATHANASSOF, N. Cana na alimentação dos animais domésticos. **Revista de Agricultura**, v. 15, n.10, p. 421-427, 1940

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação Agrícola**. 2 ed. Jaboticabal:FUNEP, 1992. 247p.

BERNARDES, T. F. **Controle da deterioração aeróbica de silagens**. 116f. Tese (Doutorado) – UNESP, Jaboticabal, 2007.

BIONDI, P.; CAIELLI, E.L.; FREITAS, E.A.N.; LUCCI, C.S.; ROCHA, G.L. Substituição parcial e total da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. **Boletim Indústria Animal**., v.35,n.1, p. 45-55, 1978.

BODERICK, R. **Controle de qualidade da Qualical**. Santo André, SP.; Qualical, 1p, 2006.

BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D' ARCE, R. D. Cana-de-açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: **Fundação Cargill**, v. 2, p. 805-850, 1987.

CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. de C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R. Estimativas do Valor Energético a partir de Características Químicas e Bromatológicas dos Alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**., vol. 30, no. 6 p. 1837-1856, 2001.

CRISTÓFARO, A. G. G. **Controle de qualidade do Grupo Itaú**. São José da Lapa, MG.; Itaú, 1p, 2001.

DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA, M. D. S.; SIQUEIRA, G. R.; ROTH, A.P. de T.P.; SANTOS, J. dos.; ANDRADE A. T.; ROTH; M. de T. P.; Efeitos das doses de cal microprocessada (CaO) e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microrganismos da cana-de-açúcar "in natura". In: 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais...** 43ª SBZ, CD ROOM, 2006.

DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA, M. D. S.; MOTA, D. A.; SIQUEIRA, G. R.; SANTOS, J. dos.; TEIXEIRA JUNIOR, D. J. Parâmetros bromatológicos da cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de cal virgem (CaO) microprocessada em diferentes tempos de exposição ao ar. In: 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Jaboticabal, SP. 2007. **Anais...** 44ª SBZ, CD ROOM, 2007.

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

ISHLER, V.; HEINRICHS, J. **From feed to milk**: Understanding rumen function. Extension Circular 422, 2000.

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

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

KLOPFENSTEIN, T. Chemical treatment of crop residues. **Journal of Animal Science**, v. 46, n.3, p.841-848, 1978.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; ASSIS, A. J.; MENDES NETO, J.; ZAMPERLINI, B. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas completas para vacas em lactação. I. Produção e composição de leite. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG. 2000. **Anais... 37º SBZ**, CD-ROM, 2000.

NICOLA, M. M. **Recuperação de matéria seca, pH, estabilidade aeróbica e crescimento de microrganismos na cana-de-açúcar tratada com cal virgem com diferentes tempos de exposição ao ar.** Jaboticabal, SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/ Universidade Estadual Paulista, – FCAV, 2007. 51p. Trabalho de conclusão de curso em zootecnia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, 2007.

OLIVEIRA, M.D.S. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos.** 1. ed. Jaboticabal: FUNEP, 128 p, 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 Veterinaria**, v.18, n.2, p.167-173, 2002.

OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA. J.; BODRICK. R.; SANTOS, J. dos.; LOPES.; A. L.; DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA. I. S.; MOTA. D. A.. Efeito da hidrólise com a cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* l.) In: 43ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais... SBZ**, CD ROM, 2006b.

OLIVEIRA, M. D. S.; BODRICK. R.; SANTOS, J. dos.; LOPES.; A. L.; DOMINGUES, F. N.; OLIVEIRA. I. S.; MOTA. D. A. Efeito da hidrolise com cal hidratada (hidróxido de

cálcio) sobre a digestibilidade “in vitro” da cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* L.). In: 43ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais...** SBZ, CD ROM, 2006a.

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

OLIVEIRA, M. D. S.; MOTA, D. A.; DOMINGUES, F. N.; LOPES, A. D.; SANTOS, J. dos.; Efeito da hidrólise com cal virgem (óxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar In: 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Jaboticabal, SP. 2007. **Anais...** 44ª SBZ, CD ROOM, 2007b

PIRES, A. J. V.; ROTH, M. T. P.; ROTH, A. P. T. P. Inoculantes microbiológicos e aditivos químicos na fermentação e estabilidade aeróbica das silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) cru e queimada. In: 41º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande, MS. 2004. **Anais...** 41º SBZ, CD-ROM, 2004

ROBERTSON, J. B., VAN SOEST, P. J. The detergent system of analysis and its application to human foods. In: **The Analysis of Dietary Fiber in Food**. New York, p. 123-158, 1981.

SANTOS, M. C. **Aditivos químicos para o tratamento de cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 113f. Dissertação (Mestrado) – ESALQ, Pirassununga, 2007.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A.A. Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de cana-de-açúcar, com e sem adição de Uréia. In: 41º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Campo Grande, MS. 2004. **Anais...** 41º SBZ, CD-ROM, 2004

SILVA, D.J.; QUEIROZ, C. A. **Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa, Imprensa Universitária. 165p, 2002.

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: 43ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João Pessoa, PA. 2006. **Anais...** SBZ, CD ROM, 2006b.

SILVA, T.M. da; OLIVEIRA, M.D.S. de; SAMPAIO, A.A.M.; ANDRADE, A.T. de; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, A.R.M.; CALDEIRÃO, E.; RIBEIRO, G.M.; FAZOLO, B. Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade ruminal "in vitro". In: 42ª Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Goiânia , GO. 2005. **Anais...** SBZ, CD ROM, 2005.

SILVA, V. M.; PEREIRA, V. L. A.; LIMA, G. S. Produção e Conservação utilização de alimentos para caprinos e ovinos. Disponível em: [www.w.ipa.br/outr/teproag](http://www.w.ipa.br/outr/teproag). Acesso em: 25 de fevereiro de 2004.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

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

VARGA, G. A.. KONONOFF, P. Dairy ration using structural and nonstructural carbohydrates: from theory to practice In: SOUTHWEST NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 1999, Arizona.**Proceedings...** Arizona: University of Arizona, 1999, p. 77-90.

WIGGENS, L.F. Sugar-cane wax. **Proceedings...** British World Industry Sugar Technology, London, p.24-28, 1949.



### **CAPITULO 3 – IMPLICAÇÕES**

A técnica da hidrólise da cana-de-açúcar através da aplicação da cal virgem ou cal hidratada é uma alternativa que têm se mostrado promissora, principalmente em períodos onde a produção de forragem é escassa. Visto que o preço desses agentes alcalinizantes ainda é baixo, fazendo com que a técnica se torne interessante aos produtores. Porém tem-se outras vantagens que compensam esta técnica, tais como: tratamento mais econômico do que a soda cáustica representando menor perigo aos funcionários.

Contudo, para que se obtenha bons resultados na alimentação animal, é de suma importância que técnicos ou mesmo os produtores estejam atentos a diversos pontos, pois apesar de simples, a técnica da hidrólise para alcançar a sua máxima eficiência deve ser um somatório de todos estes pontos atendidos.

Em relação à cal deve-se utilizar uma cuja marca comercial já tenha sido testada por meio de trabalhos científicos e através destes trabalhos que os produtores terão a segurança necessária para utilizar um produto que não irá causar problemas aos animais. Outro ponto a ser destacado em relação às cales é que essas devem ter origem de rocha calcárea com elevado conteúdo de óxido de cálcio e baixo teor de óxido de magnésio. A cana-de-açúcar também merece atenção especial, pois essa deve se encontrar maturada e deve ser picada em tamanhos de no máximo 1 cm, pois quanto maior a superfície de contato da forragem com as cales, melhor será seu aproveitamento. Outro ponto importante a ser evidenciado e no preparo da solução e homogeneização desta com a cana-de-açúcar picada, deve-se lembrar principalmente quando o produtor não possui equipamento próprio para efetuar a aplicação da cal, que esta homogeneização deve ser muito bem feita para que se possa alcançar o resultado esperado.

Devido à falta de dados científicos, principalmente em relação a dados de desempenho seria interessante estudar os efeitos que a técnica provocaria na produção de leite e carne. Além de ser necessário à realização de maiores estudos para a averiguação de qual efeito destes tratamentos sobre o meio ambiente e nos organismos dos animais.

Outra linha de pesquisa interessante a ser estudada seria os efeitos que a cal provocaria nos equipamentos que são utilizados para adição da mesma, bem como sua redução de vida útil.

Com base nos resultados obtidos sobre o valor nutritivo da cana-de-açúcar tratada com ambas as cales (virgem e hidratada), pode-se dizer que a técnica da hidrólise cumpriu o que se esperava, diminuindo o teor de fibra insolúvel em detergente neutro, tornando a cana-de-açúcar mais digestível durante todos os tempos de armazenamento analisados.

Conclui-se portanto que a técnica da hidrólise da cana-de-açúcar com cal é mais uma ferramenta que os produtores tem ao seu favor e pode ser usada tanto na rotina de alimentação dos animais, mas também como uma alternativa de proporcionar aos produtores uma melhor qualidade de vida, através da diminuição dos dias necessários para o corte de cana ou uma oportunidade de manutenção dos maquinários da propriedade, visto que com o uso da hidrólise o corte da cana não será diário.