

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA E ARMAZENADA SOB  
DIFERENTES PERÍODOS NA ALIMENTAÇÃO DE  
NOVILHAS DA RAÇA NELORE**

**Regis Luis Missio**  
Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
Novembro de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA E ARMAZENADA SOB  
DIFERENTES PERÍODOS NA ALIMENTAÇÃO DE  
NOVILHAS DA RAÇA NELORE**

**Regis Luis Missio**

**Orientador: Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL  
Novembro de 2010

Missio, Regis Luis  
M678c Cana-de-açúcar hidrolisada armazenada sob diferentes períodos  
na alimentação de novilhas da raça Nelore / Regis Luis Missio. --  
Jaboticabal, 2010  
xiii, 98 f. : il ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010  
Orientador: Mauro Dal Secco de Oliveira  
Banca examinadora: Jane Maria Bertocco Ezequiel, Atushi  
Sugohara, André de Faria Pedroso, Flávia Fernanda Simili  
Bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Cal hidratada. 3. Alimentação de bovinos. I.  
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.085.2:636.2

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



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA E ARMAZENADA SOB DIFERENTES PERÍODOS NA ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE

**AUTOR:** REGIS LUIS MISSIO

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM ZOOTECNIA , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MAURO DAL SECCO DE OLIVEIRA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. JANE MARIA BERTOCCO EZEQUIEL

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ATUSHI SUGOHARA

Departamento de Zootecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. ANDRE DE FARIA PEDROSO

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / São Carlos/SP

Profa. Dra. FLÁVIA FERNANDA SIMILI

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria da Agricultura / Pólo Regional Centro Leste / Ribeirão Preto/SP

Data da realização: 19 de novembro de 2010.

## **DADOS CURRÍCULARES DO AUTOR**

**REGIS LUIS MISSIO** – filho de Nevo José Missio e Leonete Lurdes Bressa Missio, nasceu na cidade de Faxinal do Soturno, RS, em 15 de janeiro de 1980. Em março de 2000, iniciou o curso de graduação em Zootecnia na Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria - RS, graduando-se em 19 de fevereiro de 2005. Foi admitido em março de 2005 no Curso de Pós-graduação em Zootecnia (Produção Animal), Mestrado, com concentração na área de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, submetendo-se à defesa de dissertação para conclusão do curso em 27 de fevereiro de 2007. Ingressou no curso de Doutorado em março do mesmo ano, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Campus de Jaboticabal, SP, tendo obtido o título de Doutor em Zootecnia (Nutrição e Alimentação de Ruminantes) no dia 19 de novembro de 2010.

*“Lutar sem sacrifício é triunfar sem glória”  
(autor desconhecido)*

## Dedico

*A Deus pela presença.*

*A minha mãe pelo amor incondicional.*

*Ao meu irmão Fabrício José Missio pelo companheirismo.*

*A minhas irmãs Franciele e Alexandra Missio pelo carinho.*

*Aos meus sobrinhos (Renan e Andressa) e Reni Barbieri.*

*A Denise pelo amor, companheirismo e amizade.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela presença.

À Capes pela bolsa de estudos.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro ao projeto.

À FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS – Unesp, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Mauro Dal Secco de Oliveira e família, pela oportunidade, orientação, amizade, respeito e confiança durante todas as etapas deste trabalho.

À Profa. Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel e Profa. Dra. Telma Teresinha Berchielli por permitir a utilização de equipamentos e instalações pertencentes aos Laboratórios de sua responsabilidade, fundamentais para execução deste trabalho.

Aos Professores. Dr. Atushi Sugohara, Dra. Ana Cláudia Rugieri e Dra. Jane Maria Bertocco Ezequiel pelos ensinamentos e participação na banca do projeto e qualificação.

A minha mãe (Leonete), irmão (Fabrício) e irmãs (Alexandra e Franciele) pelo apoio incondicional.

A Denise pelo amor e bravura de enfrentar o tempo e a distância.

Aos companheiros da UFSM (Everton, Luciane, Raul, Giovani, Carla) pelo companheirismo e compartilhamento de saudades, em especial a Lisiane e Ian companheiros de longa data, muito obrigado por tudo mesmo.

Aos graduandos Viviane Borba (Vivi's), Guilherme (Taliban), Natália, Natieli, Rafael, Ícaro, Mariana e Giovana na condução do experimento.

Aos companheiros da República Independência: Ricardo (Thafoda), Ricardo (Otto), Fabrício (OB), Rogério (Mafalda), Felipe (Íngua), Dante (Pintinho), Henrique (Caetano), Eduardo (Tiporrei), Matheus (Seilá), Ícaro (Barranco) e ao vizinho Ricardo, muito obrigado.

Aos funcionários da Granja Leiteira (Marrom, Biro, Debonis, Alberto, Gazeta e Cristiane).

Ao Sr. Orlando e Ana Paula (LANA) pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Aos colegas de orientação Donizeti (*in memoriam*), Diego, Felipe, José e Aníbal, em especial a Mariana que me auxiliou neste trabalho e me concedeu enorme amizade.

Aos colegas de pós-graduação Samuel, Oscar, Marcela, Nailson, Roberta, Matheus, Juliana Ferraz, Maria Fernanda, André, Tiago, Juliana Messana, Grayci, Mariana, Wilton, Cíntia, Bruno e Fernanda pelo convívio, ajuda e troca de idéias.

A todos que não foram citados, mas que colaboraram de alguma forma, muito obrigado.

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO</b> .....	<b>iii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>iv</b>
<b>CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1 Carboidratos das Plantas .....	3
2.2 Carboidratos da Cana-de-açúcar .....	5
2.3 O processo de Hidrólise .....	7
2.4 Origem das Cales.....	8
2.5 Mineralização da Cana-de-açúcar Hidrolisada.....	8
2.6 Armazenamento da Cana-de-açúcar Hidrolisada.....	9
2.7 Fatores Determinantes na Hidrólise da Cana-de-açúcar .....	10
2.8 Desempenho de Bovinos Alimentados com Cana-de-açúcar Hidrolisada .....	14
2.9 Comportamento Ingestivo de Bovinos.....	19
2.10 Considerações Sobre Parâmetros Ruminais.....	20
<b>CAPÍTULO 2 - ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS JOVENS DA RAÇA NELORE COM CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO</b> .....	<b>23</b>
Resumo .....	23
Abstract .....	24
Introdução .....	25
Material e Métodos.....	26
Resultados e Discussão.....	31
Conclusões .....	40
<b>CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DA FORRAGEM E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE NOVILHAS JOVENS ALIMENTADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA</b> .....	<b>41</b>

Resumo .....	41
Abstract .....	42
Introdução .....	43
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	50
Conclusões .....	63
CAPÍTULO 4 – ASPECTOS DA DIGESTÃO E CONSUMO DE NUTRIENTES DE NOVILHAS ALIMENTADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA SUBMETIDA A DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO .....	64
Resumo .....	64
Abstract .....	65
Introdução .....	66
Material e Métodos.....	67
Resultados e Discussão.....	73
Conclusões .....	83
CAPÍTULO 5 – IMPLICAÇÕES .....	84
REFERÊNCIAS .....	85

## CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA E ARMAZENADA SOB DIFERENTES PERÍODOS NA ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE

**RESUMO** - Este estudo objetivou avaliar o armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal hidratada sobre o consumo das frações alimentares, desempenho animal, viabilidade econômica, comportamento ingestivo, características nutritivas da forragem e aspectos da digestão de novilhas confinadas. Foram realizados dois experimentos. No primeiro (Capítulo 2 e 3), foram utilizadas 24 novilhas da raça Nelore distribuídas inteiramente ao acaso nos tratamentos formados por dietas com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero), cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas. No segundo (Capítulo 4), foram utilizadas quatro novilhas da raça Nelore delineadas num quadrado latino 4x4, onde foram avaliadas as dietas anteriormente descritas. No primeiro experimento, verificou-se variação cúbica ( $P < 0,05$ ) em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar da maioria das variáveis relacionadas ao consumo das frações alimentares e desempenho animal, apresentando melhores resultados para novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*. O armazenamento da cana-de-açúcar até 72 horas proporcionou aumento linear ( $P < 0,05$ ) da fração de carboidratos potencialmente degradáveis e diminuição dos custos de produção. Novilhas alimentadas com dietas a base de cana-de-açúcar *in natura* apresentaram maior tempo de ruminação ( $P < 0,05$ ). No segundo experimento, verificou-se que o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, a eficiência de síntese de proteína microbiana e o nitrogênio amoniacal não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelas dietas. O armazenamento da cana-de-açúcar com adição de 0,5% de cal hidratada até 72 horas deprime o consumo e desempenho de novilhas jovens da raça Nelore.

**Palavras-Chave:** balanço de nitrogênio, cal hidratada, ganho de peso médio diário, ócio

## HYDROLYZED SUGARCANE IN DIFFERENT PERIODS IN FEEDING OF NELLORE HEIFERS

**SUMMARY** - This study evaluated the effect of storage of hydrolyzed sugarcane with .5% hydrated lime the dietary fractions intake, animal performance, economic viability, ingestive behavior, nutritional characteristics of forage and digestion aspects of confined heifers. Two experiments were conducted. In the first (Chapter 2 and 3), 24 Nellore heifers were used and randomly distributed in treatment formed by diets constituted by fresh sugarcane (zero time), hydrolyzed sugarcane and stored for 24, 48 or 72 hours. In the second (Chapter 4), four heifers were used constituting a 4x4 latin square, with similar diets previous. In the first experiment, there was variation cubic ( $P < .05$ ) according the storage time of most variables related to dietary fractions intake and animal performance, with better results for heifers fed with fresh sugarcane. Storage of sugarcane until 72 hours promoted linear increased ( $P < .05$ ) in the carbohydrate fraction potentially degradable and decreased production costs. Heifers fed diets with fresh sugarcane presented higher time ruminating ( $P < .05$ ). In the second experiment, it was found that the intake and digestibility of nutrients, the nitrogen balance, the efficiency of microbial protein synthesis and the ammonia nitrogen were not affected ( $P > .05$ ) by diets. The storage of hydrolyzed sugarcane with .5% of hydrated lime up to 72 hours depresses intake and performance of young Nellore heifers.

**Keywords:** average daily weight gain, hydrolyzed lime, idle, nitrogen balance

## **CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. INTRODUÇÃO**

Em sistemas de produção de bovinos, principalmente os mais intensivos, a alimentação é determinante na eficiência produtiva, podendo representar 75% do custo total em confinamento (PACHECO et al., 2006; RESTLE et al., 2007). Assim, para se obter receitas positivas, é necessário explorar alimentos que tenham baixo custo de produção e atendam grande parte das exigências nutricionais dos animais. Dentre as opções de alimentação para animais que recebem alimento no cocho durante o período de declínio na qualidade e produção de forragem (período seco), podem-se citar as forrageiras ensiladas (milho, sorgo e capim-elefante), além dos fenos e a cana-de-açúcar.

A idéia do aproveitamento da cana-de-açúcar como forrageira para bovinos não é recente. A facilidade de seu cultivo, a execução da colheita na época seca do ano e a grande produção por área, tornaram a cana-de-açúcar alimento de interesse dos criadores (RODRIGUES, 1999). Além disso, a cana-de-açúcar apresenta menor custo de produção, quando comparada à silagem de milho (GALAN & NUSSIO, 2000 a,b).

A cana-de-açúcar é originária da Nova Guiné, e foi implantada no Brasil na época do descobrimento, sendo uma cultura intensamente difundida. A partir do programa Proálcool na década de 70, a cultura da cana-de-açúcar recebeu atenção especial, avançando em tecnologias e lançamento de variedades com grande potencial de produção de biomassa e açúcar. Observou-se também difusão desta cultura para regiões tradicionais na produção de grãos e pecuária, viabilizando sua utilização como forragem para bovinos.

Atualmente o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar, responsável por cerca de 514 milhões de toneladas das 1,6 bilhões de toneladas produzidas no cenário mundial (AGRIANUAL, 2009). Estima-se que 10% da produção seja destinada à alimentação animal, representando 30 milhões de toneladas de massa verde, suficiente para alimentar 15 milhões de bovinos durante 150 dias (LANDELL et al., 2002).

Trabalhos de pesquisa, no entanto, veem demonstrando limitações no consumo da cana-de-açúcar pelos animais, devido à baixa digestibilidade da fibra. A limitação do consumo, neste caso, é pelo enchimento ruminal (MAGALHÃES, 2001), em virtude do acúmulo de fibra indigerível no rúmen (PRESTON, 1982). Além disso, independente da variedade, a cana-de-açúcar apresenta aspectos negativos quanto à composição química e de logística para sua utilização diária. Dentre esses aspectos destacam-se o baixo teor protéico e mineral (fósforo, enxofre, zinco e manganês), além da necessidade de mão-de-obra estratégica para corte diário e picagem da forragem (OLIVEIRA, 1999; THIAGO & VIEIRA, 2002; SOBREIRA, 2006).

Tradicionalmente a cana-de-açúcar é utilizada *in natura* para alimentação animal, através do corte e fornecimento diário. Esta prática exige mão-de-obra diária para atividades de corte, despalha, picagem e transporte, estabelecendo limitações de ordem logística e operacional na alimentação de grandes rebanhos e confinamentos industriais. Além disso, são observados problemas para desenvolvimento destas atividades em dias chuvosos, como também, existe necessidade de mão-de-obra em fins de semana, o que acaba influenciando diretamente o custo de produção e também a qualidade de vida em propriedades que desenvolvem estas atividades.

Com intuito de minimizar ou evitar os aspectos citados, tem-se utilizado a correção do teor protéico por meio da adição de uréia e fonte de enxofre, introdução de variedades com menor teor de fibra em detergente neutro como a IAC 86-2480 (LANDELL et al., 2002; MOTA, 2008). Além disso, recentemente tem se intensificado estudos com o tratamento da cana-de-açúcar com cales microprocessadas (ANUALPEC, 2009), com intuito de melhorar sua digestibilidade e aproveitamento deste volumoso pelos animais. Estudos têm apontado para melhora na composição química e digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada com cal (PIRES et al., 2010). No entanto,

a alimentação de bovinos com cana-de-açúcar hidrolisada com cales micro-pulverizadas tem promovido resultados controversos quanto ao desempenho, justificando novas informações sobre este tema. Sendo assim, o presente estudo objetivou avaliar a cana-de-açúcar tratada com 0,5% de cal hidratada  $[Ca(OH)_2]$  em diferentes períodos de armazenamento na alimentação de novilhas da raça Nelore.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Carboidratos das Plantas**

Para melhor entendimento do processo de hidrólise algumas considerações sobre os carboidratos das plantas serão feitas. Quanto ao grau de polimerização, os carboidratos são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos (EVERS et al., 1999). Os carboidratos mais simples são os monossacarídeos, unidades formadoras das demais classes, constituídas de 3 a 7 carbonos unidos por ligações covalentes simples e representados pela glicose e frutose. Os oligossacarídeos correspondem aos carboidratos de cadeia curta, unidos por ligações glicolíticas, cujo principal representante é a sacarose e celobiose. Já os polissacarídeos incluem carboidratos com cadeias superiores representados pelo amido e polissacarídeos não amiláceos que englobam a celulose, hemicelulose e substâncias pécnicas (EVERS et al., 1999; HALL, 2000; SILVA, 2002). Os carboidratos são os principais constituintes das forragens, cujas características nutritivas dependem dos açúcares que às compõem, das ligações entre eles estabelecidas e de fatores de natureza físico-química. Assim, os carboidratos das plantas podem ser agrupados em duas grandes categorias conforme sua degradabilidade, em estruturais e não estruturais (VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos não estruturais são encontrados no conteúdo celular das plantas, tais como os mais simples (glicose e frutose) e os de reserva (amido, sacarose

e frutanas). Carboidratos não estruturais podem ainda ser classificados como solúveis em água (monossacarídeos, dissacarídeos, oligossacarídeos e alguns polissacarídeos) e polissacarídeos maiores insolúveis em água. Carboidratos não estruturais solúveis em água, como açúcares (glicose e frutose) e dissacarídeos (sacarose e lactose) são rapidamente fermentados no rúmen e incluem fração significativa de alguns alimentos usados na dieta de ruminantes como o melaço, a polpa de beterraba e cana-de-açúcar (VAN SOEST, 1994).

Os polissacarídeos da parede celular ou não amiláceos são representados por três grupos principais: celulose, hemiceluloses e substâncias pécticas (CHOCT, 1997). Juntos, os polissacarídeos não amiláceos representam a fração da fibra total determinada nos alimentos e, dependendo da solubilidade de seus componentes, pode ser fracionada em solúvel e insolúvel. A fibra insolúvel é composta pela celulose, hemicelulose insolúvel, lignina e taninos, enquanto que a fibra solúvel é representada pela hemicelulose solúvel e substâncias pécticas (VAN SOEST et al., 1991).

A natureza e concentração dos carboidratos estruturais da parede celular são os principais determinantes da qualidade dos alimentos volumosos, especialmente de forragens. A parede celular pode constituir de 30 a 80 % da matéria seca da planta forrageira, onde se concentram os carboidratos como a celulose, a hemicelulose e a pectina. Além disto, podem constituir a parede celular componentes químicos de natureza diversa dos carboidratos, tais como tanino, nitrogênio, lignina, sílica e outros. A lignina constitui um polímero fenólico que se associa aos carboidratos estruturais, celulose e hemicelulose, durante o processo de formação da parede celular, alterando significativamente a digestibilidade destes carboidratos das forragens (NORTON, 1982).

A maioria das forrageiras de clima tropical, em relação às espécies de clima temperado, é caracterizada por apresentar baixos teores de carboidratos solúveis e elevada proporção de parede celular, conseqüentemente, de carboidratos estruturais. Segundo VAN SOEST (1994) o elevado conteúdo de parede celular das gramíneas tropicais está associado a aspectos de natureza anatômica em razão da alta proporção de tecidos vasculares, os quais (na maioria das espécies) apresentam reduzida digestibilidade (tecido vascular lignificado, bainha parenquimática dos feixes,

esclerênquima e epiderme). Como exceção ao exposto acima, a cana-de-açúcar é um volumoso composto principalmente de carboidratos solúveis e carboidratos fibrosos (OLIVEIRA, 1999), possuindo um comportamento fisiológico diferente das outras gramíneas tropicais, já que a digestibilidade aumenta com a maturidade, mantendo esse valor nutritivo por longo tempo após a maturação.

A celulose é o principal polissacarídeo formador da parede celular das plantas e grãos. Com elevado peso molecular, é composta por resíduos de D-glicopiranoses unidos por ligações  $\beta$ 1-4 em longas cadeias lineares, podendo-se unir por pontes de hidrogênio (AMAN & WESTERLUND, 1996), bem como, se associar a outros polímeros, como a lignina, o que altera significativamente a digestibilidade deste carboidrato. Esta conformação explica a maior resistência da celulose à degradação microbiana e enzimática, assim como a hidrólise ácida (THEANDER et al., 1989).

As hemiceluloses são representadas por polissacarídeos solúveis em álcali, principalmente arabinoxilanas ou pentosanas e  $\beta$ -glucanas (CHOCT, 1997). Estes polímeros quando não ligados a lignina, podem ser parcialmente solúveis em água dependendo da sua composição química (VAN SOEST, 1994). Pectinas são carboidratos associados com a parede celular, mas não são covalentemente unidas às porções lignificadas e são digeridas completamente no rúmen (VAN SOEST, 1994).

## **2.2 Carboidratos da Cana-de-açúcar**

O CNCPS - "Cornell Net Carbohydrate and Protein System", classifica os carboidratos nas frações A, B1, B2 e C. A fração A corresponde aos carboidratos solúveis em água, representados principalmente pela glicose e sacarose, rapidamente fermentados por bactérias ruminais que utilizam carboidratos não fibrosos (CNF). A fração B1 é composta por amido e pectina, rapidamente fermentados pelas bactérias do rúmen. As frações B2 e C correspondem às frações potencialmente degradáveis e não degradáveis da fibra insolúvel em detergente neutro, respectivamente (SNIFFEN et al., 1992).

A cana-de-açúcar, por sua vez, é uma forragem caracterizada por apresentar baixos teores de nitrogênio, lipídeos e minerais, com teor de fibra em detergente neutro em torno de 50%. Esse valor é considerado baixo para forrageiras tropicais, no entanto, apresenta reduzida digestibilidade. A cana-de-açúcar apresenta ainda alto teor de carboidratos não-fibrosos de alta digestibilidade no rúmen, o mais predominante sendo a sacarose, podendo representar 48% do peso seco do colmo (MUCHOW et al., 1996). Foram encontrados quatro trabalhos científicos que estudaram o fracionamento dos carboidratos da cana-de-açúcar, os quais se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Teores para carboidratos totais (CT), estruturais (CE), não estruturais (CNE), rapidamente degradáveis (A + B1), lentamente degradáveis (B2) e carboidratos indigeríveis (C) da cana-de-açúcar *in natura*.

CT % MS	CE % MS	CNE % MS	A + B1 % CT	B2 % CT	C % CT	Literatura
93,82	-	-	32,95	21,53	45,52	CABRAL et al. (2000)
83,62	50,38	33,24	35,99	41,27	22,74	PEREIRA et al. (2000)
95,60	-	-	41,81	29,61	28,59	AZEVEDO et al. (2003)*
95,04	-	-	48,86	17,84	28,34	FERNANDES et al. (2003)**

\*média de três cultivares; \*\*média de variedades de ciclo precoce e intermediário.

Analisando estes estudos, observa-se que a cana-de-açúcar é composta por elevado teor da fração C (até 45% dos carboidratos totais), considerado elevado quando comparada a outras importantes gramíneas. Esta fração dos carboidratos é indisponível nos compartimentos digestivos dos ruminantes (SNIFFEN et al., 1992) e está relacionada ao consumo de matéria seca e disponibilidade de energia da dieta. Por outro lado, a cana-de-açúcar apresenta grande quantidade de carboidratos solúveis rapidamente fermentados no rúmen (Tabela 1). Porém, a fibra que constitui porção considerável, apresenta baixa degradação ruminal que freqüentemente é atribuída ao baixo teor de proteína do alimento.

Na literatura não foram encontrados estudos sobre a hidrólise e o período de tratamento da cana-de-açúcar sobre as frações dos carboidratos. Teoricamente a hidrólise da cana-de-açúcar e o maior tempo de tratamento acarretariam aumento na fração B2, devido solubilização da hemicelulose pelos produtos alcalinizantes.

### 2.3 O processo de Hidrólise

Os produtos alcalinos agem sobre a fração fibrosa dos volumosos promovendo ruptura das pontes de hidrogênio, levando à expansão das moléculas de celulose que se tornam mais susceptíveis à ação das enzimas celulolíticas. Provocam ainda, a solubilização da hemicelulose em função do rompimento das ligações do tipo éster da hemicelulose com a lignina (REIS et al., 1993; NEIVA et al., 1998).

O aumento da disponibilidade de nutrientes ocorre por meio da quebra de ligações entre lignina e carboidratos da parede celular ou ainda, pela hidrólise dos polissacarídeos da parede celular, resultando na liberação de açúcares solúveis (VAN SOEST, 1994). Durante a formação da parede celular de gramíneas, as ligações tipo éster entre açúcares presentes nas cadeias ramificadas da hemicelulose e da pectina e os ácidos precursores da lignina, principalmente, o ácido ferúlico e p-coumárico são hidrolisadas por reação de saponificação. Após reação, ocorre quebra desse complexo com liberação de hemicelulose, pectina e ácidos ferúlicos e p-coumárico. Da mesma forma, as ligações cruzadas entre lignina e polissacarídeos da parede celular também são hidrolisadas resultando na liberação do carboidrato livre da lignina (JUNG, 1996). Além disso, atuam solubilizando parte da hemicelulose que estava ligada a celulose por meio de ligações covalentes.

O processo de hidrólise permite a expansão das fibras e conseqüente hidratação destas possibilitando maior acesso ao ataque microbiano (KLOPFENSTEIN, 1978). O teor de lignina não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação desse tratamento leva ao aumento da taxa de digestão da celulose e hemicelulose, devida quebra de ligações entre essas frações (KLOPFENSTEIN, 1980; REIS & RODRIGUES, 1993).

Os microrganismos ruminais degradam hemicelulose e celulose com relativa facilidade, mas à medida que aumenta o teor de lignina há formação de um complexo entre esses carboidratos e o grau de degradação diminui, podendo chegar a zero, dependendo da intensidade da lignificação. Cada tipo de complexo lignocelulósico tem um grau máximo de degradação pelos microrganismos, que pode ser alterado quando se faz o tratamento químico de um material fibroso (SILVA, 1984).

## 2.4 Origem das Cales

As cales micropulverizadas virgem e hidratada são provenientes de rochas calcílicas. O processo de industrialização inicia-se com a detonação das rochas. As rochas são então britadas em grandes moinhos, peneiradas e calcinadas em fornos com temperaturas variando entre 800 e 1100°C, fornecendo como produto final o óxido de cálcio (CaO), também conhecido como cal virgem. Este produto é classificado como um óxido básico, pois o elemento que está ligado ao oxigênio é classificado como um metal (óxidos de caráter básico possuem em sua composição elementos da família dos metais alcalinos e alcalinos terrosos ligados ao oxigênio).

A reação do óxido supracitado com a água produz o hidróxido de cálcio [Ca(OH)<sub>2</sub>], uma base da família dos metais alcalinos terrosos que apresenta grau de dissociação elevado e solubilidade em água reduzida, porém superior aos produtos que lhe deram origem. O processamento de rochas calcárias para geração de compostos mais reativos traz como benefício obtenção de produtos livres de elementos tóxicos (GUIMARÃES, 2003). Os agentes hidrolizantes devem apresentar características como a baixa toxicidade para mamíferos, efeito sobre os microorganismos deterioradores (fungos, leveduras e bactérias), baixos níveis de perdas por volatilização, amplo espectro de ação e ser solúvel em água (LACEY et al., 1981).

Comparativamente, as cales micropulverizadas tem menor eficiência nos benefícios finais em relação ao hidróxido de sódio. Entretanto, apresentam vantagens como: tratamento mais econômico; menor periculosidade; menor tempo de espera da reação química; corrige o teor de cálcio da cana-de-açúcar e mantém o pH ruminal ao redor de seis evitando acidose ruminal (HIDROCANA, 2007).

## 2.5 Mineralização da Cana-de-açúcar Hidrolisada

A hidrólise com as cales microprocessadas incorpora minerais à cana-de-açúcar hidrolisada, o que pode determinar altas quantidades de minerais em dietas com esta

forragem. Dessa forma, dietas formuladas com cana-de-açúcar hidrolisada com cal merecem atenção especial em relação à quantidade de minerais quando fornecidas aos bovinos.

A falta de atenção ao conteúdo de minerais de dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada com doses excessivas de cal pode resultar em menor desempenho e problemas reprodutivos nos animais (MOTA et al., 2008). Entretanto, segundo alguns autores (MOTA, 2008; DOMINGUES, 2009) a hidrólise da cana-de-açúcar com 0,5% de cal virgem ou hidratada eleva a concentração de cálcio (Ca) e a relação cálcio:fósforo (P), contribuindo para a mineralização dos animais, uma vez que a relação Ca:P, mantém-se próxima de 4:1. Por outro lado, em dietas a base de cana-de-açúcar hidrolisada com níveis elevados de cal (>1%) com alta concentração de óxido de cálcio o incremento deste elemento pode proporcionar relação Ca:P inadequada. Nesse sentido, DOMINGUES (2009) verificou que a cana-de-açúcar hidrolisada com 1 e 2% de cal hidratada proporcionou elevada relação Ca:P da forragem tratada (30,65:1 e 36,46:1, respectivamente). De acordo com Technical Committee on Responses to Nutrients – TCORN, (1991), os bovinos apresentam grande tolerância à ingestão de Ca em excesso as suas necessidades, desde que os requisitos de P estejam atendidos, e a relação Ca:P não ultrapasse 8:1.

## **2.6 Armazenamento da Cana-de-açúcar Hidrolisada**

A deterioração da cana-de-açúcar inicia pós-colheita, por ação de enzimas invertases que degradam sacarose em monossacarídeos ou por microrganismos (*Leuconostoc spp.*) que transformam a sacarose, produzindo metabólitos de elevado peso molecular, como dextrana (EGAN, 1969). A ação dos microrganismos ocorre após corte da cana-de-açúcar devido às condições úmidas de armazenamento. Corroborando, PARAZZI & BOLSANELLO (1979) verificaram aumento de açúcares redutores, diminuindo a pureza do caldo e porcentagem de sacarose após sete dias da colheita da cana-de-açúcar.

Os agentes alcalinizantes, quando aplicados à cana-de-açúcar, alteram o perfil de fermentação dos amontoados deste volumoso, controlando o desenvolvimento de microrganismos, principalmente de leveduras (DOMINGUES, 2009). Os benefícios do controle no crescimento de microrganismos em amontoados de cana-de-açúcar hidrolisada estão relacionados à diminuição na degradação de carboidratos solúveis, colaborando para manutenção do valor nutritivo por período superior ao da cana-de-açúcar sem tratamento. A manutenção do valor nutritivo e a possibilidade de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada podem levar à redução nos custos operacionais com corte e transporte desta forragem. Além disso, o armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada pode possibilitar melhoria na logística da propriedade, diminuindo o número de cortes durante a semana e/ou fins de semana e dias chuvosos.

## **2.7 Fatores Determinantes na Hidrólise da Cana-de-açúcar**

Quanto aos aspectos inerentes ao agente hidrolisante, a composição é característica fundamental. Segundo OLIVEIRA et al. (2008a) a ação da cal sobre os componentes da cana-de-açúcar depende de vários fatores, principalmente dos teores de óxido de cálcio e de óxido de magnésio, dentre outros. É importante que as cales utilizadas como agentes hidrolizantes apresentem altas concentrações de óxido de cálcio (> 90%), visto que este é o principal componente que atua na parede celular dos volumosos. Nesse sentido, OLIVEIRA et al. (2008a) utilizando cal hidratada, nas doses 0,5 e 0,6%, com baixa concentração de óxido de cálcio (72%) não verificaram redução nos componentes da parede celular da cana-de-açúcar hidrolisada, fato atribuído a composição da cal. Os autores acima citam ainda que a composição das cales depende da origem da rocha, onde teores de óxido de cálcio e magnésio podem variar significativamente, influenciando o poder hidrolisante da cal.

Quando se utiliza cales com baixa concentração de óxido de cálcio é necessário doses maiores para hidrólise eficiente dos componentes da fibra da cana-de-açúcar. Neste caso, além de aspectos desfavoráveis quanto à ação do agente hidrolisante,

existe possibilidade de inclusão de metais pesados, assim como, desregular a relação Ca:P da forragem. DOMINGUES (2009) verificaram a presença de chumbo (Pb) na cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem, salientando a importância de cuidados ao formular dietas que contenham cana-de-açúcar hidrolisada.

A extensão da hidrólise também é influenciada pela dose de cal aplicada à cana-de-açúcar, e nesse sentido, vários estudos têm pesquisado a melhor dosagem (OLIVEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008 a,b; DOMINGUES, 2009; DIAS 2009). Nesses estudos tem se verificado que do ponto de vista da digestibilidade, composição química e mineral da cana-de-açúcar hidrolisada, e desempenho animal, que as melhores doses de cal situam-se entre 0,5% e 1,0% da matéria natural.

A homogeneização da cal com a cana-de-açúcar durante o processo de hidrólise é importante para um processo eficaz. Alguns autores (OLIVEIRA et al., 2008a; DOMINGUES, 2009; DIAS, 2009) citam que não há diferenças entre a aplicação da cal em pó ou dissolvida em água sobre as características de qualidade da cana-de-açúcar hidrolisada, no entanto, é necessária atenção especial para aplicação da cal em pó, pois conforme citado por DOMINGUES (2009) a aplicação da cal nesta forma pode apresentar dificuldades de incorporação com grandes quantidades de cana-de-açúcar picada. Este autor cita ainda, que o volume de cana-de-açúcar hidrolisada nos experimentos que fazem apenas avaliações laboratoriais é muito menor se comparado com o total de cana-de-açúcar tratada nos experimentos que avaliam o desempenho animal, esta diferença dificulta a homogeneização entre a cal e a cana-de-açúcar, assim como seu armazenamento.

O tempo de contato da cal com a cana-de-açúcar é fator determinante para o processo de hidrólise. Segundo CÔRTEZ et al. (2009) o tempo mínimo de contato da cal com a cana-de-açúcar para ocorrer hidrólise é três horas. Na prática, tem se observado necessidade de tempos maiores de espera após a aplicação da cal à cana-de-açúcar para o fornecimento aos animais, tanto pelo aspecto da atuação da cal, como da aceitação do volumoso pelos bovinos. Nesse sentido, DOMINGUES (2009) verificou maiores benefícios da hidrólise (0,5% de cal), do ponto de vista do desempenho animal e composição química da cana-de-açúcar, em maiores tempos (48 horas) após a

aplicação da cal. Resultados favoráveis a maiores tempos também foram encontrados por SFORCINI (2009), que verificou maior produção bruta de leite em vacas consumindo cana-de-açúcar hidrolisada (0,5% de cal virgem com 94,1% de óxido de cálcio) com 48 e 72 horas após aplicação da cal em relação aquelas consumindo cana-de-açúcar *in natura*. Segundo ROSA & FADEL (2001) o tempo de tratamento depende, dentre outros fatores, da temperatura ambiente e esta, por sua vez influi na velocidade de hidrólise. Estes autores recomendam maiores tempos de tratamento para o período de inverno e menores para o período de verão.

A temperatura interfere na velocidade de hidrólise pelo fato das reações químicas, que ocorrem com a adição de agentes alcalinos em volumosos, se processarem mais rápido em temperaturas mais altas do que nas baixas (ROSA & FADEL, 2001). Esses autores citam que a temperatura ambiente tem importante efeito na velocidade de reação entre a amônia e forragens. Em temperaturas próximas de 100°C, as reações são quase imediatas, enquanto que, próximas de 0°C, são extremamente lentas (GARCIA & PIRES, 1998). As variações de temperatura que ocorrem dentro do material que sofreu hidrólise dependem da umidade da forragem, da quantidade de agente aplicado, da temperatura ambiente e outros fatores (ROSA & FADEL, 2001). Nesse sentido, condições de armazenamento podem alterar a hidrólise, pois a exposição da forragem ao sol, relento ou chuva pode alterar a temperatura e umidade da cana-de-açúcar hidrolisada. Dessa forma, seria adequado armazenar a cana-de-açúcar hidrolisada em local protegido, evitando alterações demasiadas de temperatura e umidade.

Segundo ROSA & FADEL (2001) a umidade é fator importante para que ocorra a hidrólise, por isso quando palhadas são submetidas à amonização é necessário o umedecimento do volumoso. Na cana-de-açúcar madura o teor de água não é limitante, já que, conforme citado por MORAES et al. (2008) a cana-de-açúcar atende os requisitos mínimos de umidade para utilização da cal em pó (1,0 mol de H<sub>2</sub>O para cada mol de CaO). Salienta-se que a aplicação da cal na forma de suspensão possibilita maior homogeneidade da “calda” com a cana-de-açúcar picada, quer seja aplicada manualmente ou com “kit” de aplicação dotado de agitador.

O tamanho de partícula também é fator importante na atuação dos agentes alcalinos sobre os volumosos, pois menores tamanhos de partículas proporcionam maior superfície de contato, beneficiando ação das cales. A forma de colheita da cana-de-açúcar pode ser também um fator influenciador do processo de hidrólise. Observa-se na prática, quando a colheita da cana-de-açúcar é feita manualmente, ocorre despilha natural e/ou proposital da forragem, no entanto, quando a colheita é mecânica não há controle do material destinado para hidrólise. Nesse caso, a forragem submetida ao tratamento pode ser composta por porção considerável de palha e invasoras. Essa quantidade de material seco pode atuar como fonte diluidora da quantidade de cal que atua na cana-de-açúcar, possivelmente menor do que a quantidade planejada. Este fato pode tomar dimensões maiores quando as doses de cal são pequenas, ou quando a aplicação é a seco (cal em pó). A consideração destes aspectos é importante já que maioria dos estudos que determinaram as doses de cal para hidrólise fizeram colheita manual da cana-de-açúcar.

Alguns pesquisadores (MOTA et al., 2010) citam que a maturação (idade) da cana-de-açúcar interfere na atuação das cales, devendo-se, portanto, observar o ciclo da cana-de-açúcar (precoce, intermediário ou tardio). Na prática, recomenda-se que a cana-de-açúcar esteja madura (> 12 meses de idade) para tratamento com cal. Essa recomendação pode estar associada às fases de crescimento da parede celular, onde na primeira fase a planta aumenta seu tamanho através do alongamento, e ainda não há deposição de lignina (JUNG & ALLEN, 1995). Neste caso, aplicações de cales não acarretariam mudanças significativas na composição da fibra, pois os complexos entre lignina e celulose são praticamente inexistentes. Na segunda fase ocorre o espessamento, com deposição de lignina na parede primária e lamela média, junto com mais celulose e hemicelulose. Nesta fase, há mais deposição de lignina na parede secundária, acarretando menor lignificação da hemicelulose e celulose depositada posteriormente (JUNG & ALLEN, 1995).

A recomendação da utilização da hidrólise após maturação da cana-de-açúcar também está relacionada ao teor de umidade no início da fase de crescimento (aplicação da cal em pó) e ao valor nutritivo. O valor nutritivo é importante neste caso,

pois está diretamente ligado ao teor de açúcar que pode chegar a 50% na matéria seca (após maturação) proporcionando valores de nutrientes digestíveis totais entre 55 e 60% (OLIVEIRA, 1999). Assim como nas recomendações do corte de forragens para ensilagem, as recomendações do ponto de corte da cana-de-açúcar para hidrólise visa conciliar fatores favoráveis do ponto de vista da atuação das cales e do valor nutritivo da cana-de-açúcar.

A variedade da cana-de-açúcar também é citada (OLIVEIRA et al., 2008b; MOTA et al., 2010) como fator importante na ação das cales. Em parte, isto pode ser atribuído ao melhor valor nutricional de variedades (IAC 86-2480) com menores teores de constituintes da parede celular (FDN), e pelo arranjo entre seus componentes da fibra; determinado pelo genótipo, características de crescimento e condições ambientais. Nesse sentido, OLIVEIRA et al. (2008a) verificaram interação entre dose de cal (0; 0,5 e 1%) e variedades de cana-de-açúcar sobre os componentes da fibra (FDN, FDA, hemicelulose e lignina), de modo que na variedade IAC 86-2480 houve melhores resultados da hidrólise ao longo dos níveis de cal em comparação a RB 83-5453.

Pelo exposto, observa-se que diversos fatores influenciam a eficiência de atuação dos agentes alcalinos sobre a cana-de-açúcar, no entanto, muitos estudos conduzidos com intuito de avaliar a cal para hidrólise da cana-de-açúcar não apresentam caracterização completa destes fatores. Este fato dificulta a comparação de resultados e o completo entendimento das condições que determinam os resultados. Contudo, cabe destacar a necessidade da caracterização dos aspectos relacionados às cales e a cana-de-açúcar em estudos futuros.

## **2.8 Desempenho de Bovinos Alimentados com Cana-de-açúcar Hidrolisada**

Atualmente tem aumentado o número de estudos com cana-de-açúcar hidrolisada com cales (cal virgem e cal hidratada) objetivando reduzir os teores de fibra, melhorar o consumo pelos animais e tornar o armazenamento da cana-de-açúcar mais eficiente, diminuindo o uso de mão-de-obra (COSTA & FRANCO, 1998; MOTA, 2008;

TEIXEIRA JR, 2008; SFORCINI, 2009; DOMINGUES, 2009 e ALVES, 2010). No entanto, os resultados obtidos com a utilização da cana-de-açúcar hidrolisada na alimentação de novilhas de corte têm sido controverso (Tabela 2 e 3).

Tabela 2. Consumo de matéria seca (CMS, % do peso corporal), nutrientes digestíveis totais (NDT, kg/dia) e produção de leite (PL, kg/dia) de vacas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada com cal.

Volumosos	%Vol.	% cal	Per	CMS	PL	Autores
Silagem de Milho	60*	0	0	3,08 <sup>a</sup>	22,3 <sup>a</sup>	TEIXEIRA JR, 2008 <sup>1</sup>
Cana <i>in natura</i>	54*	0	0	2,7 <sup>b</sup>	18,8 <sup>b</sup>	
Cana hidrolisada [Ca(OH <sub>2</sub> )]	56*	0,5	<48	2,7 <sup>b</sup>	20,2 <sup>ab</sup>	
Cana hidrolisada (CaO)	55*	0,5	<48	2,7 <sup>b</sup>	20,0 <sup>b</sup>	
Cana <i>in natura</i>	85	0	24	2,3	8,0	CARVALHO, 2008 <sup>2</sup>
Cana hidrolisada (CaO)	85	0,75	24	2,2	7,7	
Cana hidrolisada (CaO)	85	1,50	24	2,5	7,8	
Cana hidrolisada (CaO)	85	2,25	24	2,3	7,3	
Silagem de Milho	77	0	0	2,5 <sup>a</sup>	13,3 <sup>a</sup>	SFORCINI, 2009 <sup>3</sup>
Cana <i>in natura</i>	73*	0	0	2,1 <sup>b</sup>	9,6 <sup>c</sup>	
Cana hidrolisada (CaO)	67*	0,5	48	2,0 <sup>b</sup>	10,4 <sup>bc</sup>	
Cana hidrolisada (CaO)	63*	0,5	72	1,9 <sup>b</sup>	11,1 <sup>b</sup>	
Cana <i>in natura</i>	65	0	0	1,6 <sup>d</sup>	-	DIAS, 2009 <sup>4</sup>
Cana hidrolisada (CaO)	65	0,8	0	1,9 <sup>b</sup>	-	
Cana hidrolisada (CaO)	65	1,6	0	1,9 <sup>a</sup>	-	
Cana hidrolisada (CaO)	65	2,4	0	1,8 <sup>b</sup>	-	

Médias seguidas de letras diferentes, na coluna, diferem-se ( $P>0,05$ ); para doses de cal adaptaram-se letras às médias para ilustrar o efeito; <sup>1</sup>oito vacas holandesas, de segunda e terceira lactação, pós pico, com 639 kg de PCM, CaO > 90%, <sup>2</sup>vacas mestiças Holandês Zebu, de terceira ou quarta lactação, com peso corporal médio (PCM) de 455 kg e PL média de 8 kg/dia, composição da cal não informada; <sup>3</sup>vacas holandesas pós pico de lactação com PCM 534 kg, CaO > 90%; <sup>4</sup>vacas mestiças com PCM de 412,06 kg, composição da cal não informada; %Vol = % de volumoso na dieta; \* = %Vol consumido; Per = período de armazenamento.

Trabalho positivo do ponto de vista da hidrólise da cana-de-açúcar para alimentação de vacas leiteiras foi realizado por TEIXEIRA JR (2008). Esse autor avaliou dietas contendo silagem de milho, cana *in natura*, cana hidrolisada com 0,5% de cal virgem (94,1% de óxido de cálcio) e cal hidratada (95% de hidróxido de cálcio) armazenada por até 48 horas. Foi verificado neste estudo que não houve diferença entre o consumo de matéria seca para as dietas com cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada, no entanto, as vacas alimentadas com cana-de-açúcar

hidrolisada com cal hidratada conseguiram igualar a produção de leite às alimentadas com silagem de milho (Tabela 2). Além disso, o autor verificou menores custos de produção para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada em relação às demais.

Em estudo avaliando dietas a base de silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com 0,5% de cal (94,1 de óxido de cálcio) armazenada por 48 ou 72 horas para vacas em lactação, SFORCINI (2009) não verificou depleção no consumo de matéria seca pela adição de cal e pelo tempo de armazenamento (Tabela 2). A autora supracitada verificou ainda, que as vacas alimentadas com cana hidrolisada e armazenada por 72 horas consumiram menor quantidade de fibra em detergente neutro e apresentaram maior produção bruta de leite que vacas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*, o que foi atribuído ao aumento da digestibilidade e melhora na mineralização dos animais. Esta autora conclui que a hidrólise da cana-de-açúcar para alimentação de vacas leiteiras oferece vantagens econômicas e de manejo alimentar.

Em outro trabalho com vacas mestiças, DIAS (2009) avaliou diferentes doses (0, 8, 10 e 24 g/kg) de cal hidratada (composição não informada) para tratamento da cana-de-açúcar, e concluiu que o hidróxido de cálcio proporciona melhor consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta, principalmente da porção fibrosa da dieta, favorecendo o aproveitamento de nutrientes pelos animais (Tabela 2).

Em estudo com novilhas mestiças Nelore x Red Angus, DOMINGUES (2009) não verificou diferenças no consumo de matéria seca, ganho de peso e conversão alimentar dos animais alimentados com dietas com cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem (94,1 de óxido de cálcio) armazenada por 48 horas ou hidrolisada com 1% de cal virgem armazenada por 24, 48 e 72 horas. No estudo supracitado, apesar da hidrólise não ter proporcionado melhora no consumo e desempenho dos animais, ficou evidenciado a eficiência da adição de cal à manutenção da qualidade da cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada em relação à cana-de-açúcar *in natura* armazenada, promovendo melhores opções de logística (Tabela 3).

MORAES et al. (2008) avaliando dietas a base de cana-de-açúcar hidrolisada com 1% de cal virgem (composição não informada) armazenada por 24 horas ou cana-

de-açúcar *in natura* para novilhas verificaram diminuição no consumo de matéria seca para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada. Os autores atribuíram a diminuição do consumo a fatores relacionados à aceitabilidade do volumoso pelos animais (Tabela 3).

Em outro estudo, PANCOTI (2009) realizou dois experimentos com cana-de-açúcar hidrolisada na dieta de novilhas mestiças Holandês x Zebu. No primeiro, foram avaliadas dietas a base de cana-de-açúcar + 1% da mistura de uréia/sulfato de amônio (9/1) com adição de 1% de cal virgem (composição não informada) adicionada imediatamente antes do fornecimento aos animais; cana-de-açúcar + 1% de uréia/sulfato de amônio (9/1) com adição de 1% de cal virgem 24h antes do fornecimento aos animais; cana-de-açúcar + 1% da mistura de uréia/sulfato de amônio (9/1) com adição de 1% de cal virgem 48h antes do fornecimento aos animais e cana-de-açúcar + 1% da mistura de uréia/sulfato de amônio (9/1) com adição de 1% de cal virgem 72h antes do fornecimento aos animais. Neste estudo não foram verificados diferenças significativas para o consumo e digestibilidade da matéria seca, fibra em detergente neutro e ácido entre as dietas. No segundo experimento o autor avaliou dietas a base de cana-de-açúcar *in natura* + 1% da mistura de uréia/sulfato de amônio (9/1) imediatamente antes do fornecimento aos animais; cana-de-açúcar + 1% mistura de uréia/sulfato de amônio (9/1) imediatamente antes do fornecimento aos animais com adição de 1% de cal virgem 24h antes do fornecimento aos animais e cana-de-açúcar + 1% mistura de uréia/sulfato de amônio (9/1) com adição de 1% de cal virgem, sendo a adição da cal e da mistura de uréia e sulfato de amônio (9:1) 24h antes do fornecimento aos animais. Neste experimento o autor verificou diminuição no consumo e digestibilidade de matéria orgânica para dietas com adição de cal (Tabela 3).

Em estudo com novilhas de corte PINA (2008) verificou aumento no consumo de alimento com as doses (0; 0,5 e 1%) de cal virgem (composição não informada) aplicadas à cana-de-açúcar, mas com redução no ganho de peso. Já CARVALHO (2008) não verificou alteração no consumo de matéria seca para novilhas de corte, mas verificou benefícios no consumo de nutrientes digestíveis totais com a variação das doses (0; 0,75; 1,25 e 2,25%) de cal virgem (composição não informada) aplicadas à cana-de-açúcar (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de matéria seca (CMSPC, % do peso corporal), consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT, kg/dia) e ganho de peso médio diário (GMD, Kg/dia) de bovinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com cal.

Cal, %	Período	% de volumoso	CMSPC	CNDT	GMD	Autores
0	24	0,75% do PC <sup>#</sup>	1,97 <sup>a</sup>	3,78	0,44 <sup>a</sup>	MORAES et al., 2008 <sup>1</sup>
1,0	24	0,75% do PC <sup>#</sup>	1,72 <sup>b</sup>	2,86	0,31 <sup>b</sup>	
0	0	80	1,12 <sup>c</sup>	3,60 <sup>b</sup>	0,68 <sup>a</sup>	PINA, 2008 <sup>2</sup>
0,5	72	80	1,30 <sup>b</sup>	3,74 <sup>a</sup>	0,56 <sup>b</sup>	
1,0	72	80	1,32 <sup>a</sup>	3,04 <sup>c</sup>	0,34 <sup>c</sup>	
0	0	71	2,31	4,12 <sup>a</sup>	-	CARVALHO, 2008 <sup>3</sup>
0,75	24	71	2,29	3,97 <sup>b</sup>	-	
1,50	24	71	2,30	3,45 <sup>c</sup>	-	
2,25	24	71	2,10	3,08 <sup>d</sup>	-	
0	0	80	2,02	-	1,13	DOMINGUES, 2009 <sup>4</sup>
0,5	24	80	2,21	-	1,09	
0,5	48	80	2,11	-	0,98	
1,0	24	80	2,35	-	1,00	
1,0	48	80	1,89	-	0,91	
1,0	72	80	2,20	-	0,87	
1,0	0	100 <sup>*</sup>	2,01	2,54	-	PANCOTI, 2009 <sup>5</sup>
1,0	24	100 <sup>*</sup>	2,07	2,54	-	
1,0	48	100 <sup>*</sup>	1,98	2,42	-	
1,0	72	100 <sup>*</sup>	2,06	2,41	-	
1,0	0	100 <sup>*</sup>	2,39	4,09 <sup>a</sup>	-	
1,0	0	100 <sup>**</sup>	2,39	3,42 <sup>b</sup>	-	
1,0	24	100 <sup>*</sup>	2,27	3,29 <sup>b</sup>	-	

Médias seguidas de letra diferentes na coluna diferem significativamente ( $P < 0,05$ ); para níveis de cal foram adaptadas letras para demonstrar os efeitos. <sup>1</sup>novilhas da raça Nelore e mestiças Nelore-Holandês com peso corporal inicial (PCI) de 177 kg e 8 a 12 meses de idade; <sup>2</sup>novilhas Nelore com PCI de 285 kg e 24 meses de idade; <sup>3</sup>novilhas 3/4 Gir x Holandês com 200 kg de PCI, composição da cal não apresentada; <sup>4</sup>novilhas 1/2 sangue Angus x Nelore com peso corporal médio (PCM) de 242 kg, idade não informada; <sup>5</sup>novilhas Holandês x Zebu, variando de 1/4 a 7/8 de grau de sangue Holandês, com PCM de 243 kg, idade dos animais não informada; \* = cana acrescida de 1% de cal e 1% de mistura de uréia e sulfato de amônio (9/1) 24 horas antes do fornecimento; \*\* cana acrescida de 1% de cal não e 1% de mistura de uréia e sulfato de amônio (9/1) fornecida com a ração; # quantidade de concentrado fornecida em função do peso corporal (PC).

DOMINGUES (2009) cita que existe grande número de trabalhos demonstrando que a cal tem melhorado a composição bromatológica e digestibilidade da cana-de-açúcar, mas quando o modelo animal é envolvido e o consumo de nutrientes e desempenho animal avaliados, os resultados são variáveis. O autor cita ainda, que a grande maioria dos estudos que avaliaram o consumo de nutrientes e o desempenho

bovinos de corte (novilhas), embora ocorra melhora na qualidade da cana-de-açúcar hidrolisada, esta não tem promovido melhor consumo e desempenho. Já nos trabalhos que mensuraram a produção de leite, os resultados foram estimulantes, indicando que para vacas lactantes (raça Holandesa ou vacas mestiças) a cana-de-açúcar hidrolisada tem funcionado de maneira mais eficiente DOMINGUES (2009).

## **2.9 Comportamento Ingestivo de Bovinos**

O conhecimento do comportamento ingestivo, em função da dieta fornecida, é importante para avaliação do desempenho de bovinos, já que pode ser modificado com o tipo, quantidade e acessibilidade de alimento, bem como com diferentes práticas de manejo (FISHER, 1996). Segundo VAN SOEST (1994), os ruminantes procuram ajustar seu consumo pelo comportamento ingestivo, de modo a satisfazer suas necessidades energéticas.

O tempo destinado ao consumo de alimento em bovinos é normalmente intercalado com um ou mais períodos de ruminação ou descanso e se concentra, nas horas mais frescas do dia. O tempo destinado à ruminação apresenta maior duração e normalmente é à noite. Animais estabulados gastam em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia, ou mais de seis horas, para fontes com baixo teor de energia (VAN SOEST, 1994).

O tempo destinado à ruminação é o processo pelo qual o animal regurgita, mastiga e ensaliva o bolo alimentar armazenado no rúmen. Este período ocorre entre as refeições, onde sua duração e padrão são influenciados pelas atividades de ingestão (DESWYSEN et al., 1993), qualidade e quantidade de alimento consumido (ARNOLD & DUDZINSKI, 1978), natureza da dieta e parece ser proporcional ao teor de parede celular dos volumosos (VAN SOEST et al., 1991). HODGSON (1990) afirmou que as atividades diárias dos animais são excludentes, onde o aumento da ruminação ou ócio implica em diminuição do tempo destinado à alimentação.

Em bovinos alimentados com dietas a base de cana-de-açúcar, a hidrólise pode determinar alteração do comportamento ingestivo, já que se tem verificado que o tratamento da cana-de-açúcar com cal promove benefícios em sua composição química, reduzindo o teor de fibra em detergente neutro e aumentando a digestibilidade da matéria seca e componentes da fibra (DIAS, 2009; PIRES et al., 2010). Corroborando, DIAS (2009) verificou que vacas cruzadas diminuíram linearmente o tempo destinado a ruminção e aumentaram o tempo em ócio quando alimentadas com cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de cal hidratada (0; 8; 16 e 24g/kg).

## **2.10 Considerações Sobre Parâmetros Ruminais**

O rúmen é um ecossistema microbiano diverso e único. Seu meio é anaeróbico, com temperatura entre 30 e 42°C, pH variando entre 6,0 e 7,0, com presença permanente de substratos e de atividade fermentativa, embora de intensidades variáveis. É composto por três tipos de microrganismos ativos no seu interior: bactérias, fungos e protozoários (KOZLOSKI, 2002). Estudos dos parâmetros ruminais são importantes no entendimento do processo fermentativo, possibilitando identificar dietas que maximizem o desempenho animal, avaliando condições ideais para crescimento e metabolismo microbiano. Dentre os parâmetros importantes para a população microbiana ruminal pode-se destacar o pH e o conteúdo de nitrogênio ruminal.

O pH ruminal está diretamente relacionado com os produtos finais da fermentação (CHURCH, 1979), refletindo diretamente as características da dieta, onde suas alterações refletem na taxa de crescimento de bactérias e protozoários, podendo, dessa forma, ocorrer variações nos microrganismos predominantes no rúmen (LAVEZZO, 1998). A acidificação do ambiente ruminal pela redução do pH, ocorre após ingestão de alimentos e pela rápida taxa de fermentação, atingindo seu menor valor entre 0,5 e 4 horas após alimentação (ØRSKOV, 1986). Já a estabilidade do pH ruminal é atribuída à saliva pelo seu poder tamponante, e à absorção dos ácidos produzidos pela fermentação pela mucosa ruminal (VAN SOEST, 1994). Segundo esse autor, a

faixa de pH para que ocorra atividade microbiana normal no rúmen é de  $6,7 \pm 0,5$ . CAMPOS et al. (2007) cita que em dietas com predomínio de forragens o pH ruminal situa-se em torno de 6,2 - 7,0, e dietas baseadas em concentrados entre 5,5 - 6,5. Segundo KOZLOSKI (2002) quando o pH ruminal diminui de 6,0 cessa o crescimento de bactérias que degradam carboidratos estruturais, acarretando queda da digestão da fibra e consumo de matéria seca. Segundo ØRSKOV (1988) o ponto ótimo para digestão da fibra ocorre para valores de pH do fluido ruminal entre 6,7 e 7,1.

Teoricamente espera-se, em bovinos alimentados com cana-de-açúcar hidrolisada, pH ruminal superior daqueles alimentados com dietas com cana-de-açúcar *in natura* já que, segundo resultados obtidos por DOMINGUES (2009), ocorre elevação do pH deste volumoso pela adição de cal. No entanto, os resultados de estudos com parâmetros ruminais e cana-de-açúcar hidrolisada com cal não apresentam um consenso (Tabela 4). Observa-se que no estudo de MORAES et al. (2008b) a adição de cal proporcionou diminuição do pH ruminal em ambos os níveis de concentrado estudados (0,5 e 1% do peso corporal). Já nos estudos de PINA (2008) e DIAS (2009) o pH ruminal foi aumentado pela adição de cal à cana-de-açúcar (Tabela 4).

A maior parte dos compostos nitrogenados que chegam ao rúmen é degradada pelos microrganismos ruminais, liberando amônia. Cerca de 50 a 70% do nitrogênio total ingerido normalmente é liberado como amônia no rúmen. Uma parte desta amônia é incorporada nos compostos nitrogenados microbianos e o restante, geralmente a maior parte, é absorvida através do epitélio ruminal, entrando na circulação portal. Uma parte da amônia pode sair do rúmen e ser absorvida no ceco e intestino grosso. A absorção da amônia é diretamente proporcional à sua concentração no rúmen e aumenta com o aumento do pH do fluido ruminal (KOZLOSKI, 2002).

A amônia absorvida é convertida para uréia no fígado, a qual pode novamente retornar ao trato gastrintestinal via saliva ou transepitelial. Dessa forma, a concentração de amônia no líquido ruminal é consequência do equilíbrio entre sua produção, utilização pelos microrganismos e absorção pela parede ruminal, sendo que sua utilização pelos microrganismos depende da quantidade de energia disponível (KOZLOSKI, 2002). Alguns autores indicam que a otimização do crescimento

microbiano e digestão ruminal ocorre com concentrações de nitrogênio amoniacal na ordem de 3,3 a 8,0 mg/100 mL de líquido ruminal (COLLINS & PRITCHARD, 1992). Entretanto, são relatadas amplas variações destas concentrações, associadas às máximas taxas de crescimento microbiano, devido a circunstâncias não claramente definidas, responsáveis por mudanças no ambiente ruminal ou na microbiota envolvida na produção e utilização desses compostos amoniacais (HOOVER, 1986).

Tabela 4. pH ruminal e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>, mg/100mL) de bovinos alimentados com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com cal segundo alguns estudos.

Cal, %	Período	% de concentrado	pH	N-NH <sub>3</sub>	Autores
0	24	0,5% do PC	6,66 <sup>a</sup>	16,28	MORAES et al., 2008b <sup>1</sup>
1,0	24	0,5% do PC	6,55 <sup>b</sup>	13,83	
0	24	1,0% do PC	6,56 <sup>a</sup>	16,28	
1,0	24	1,0% do PC	6,42 <sup>b</sup>	18,88	
0	0	20	6,39 <sup>c</sup>	13,40	PINA, 2008 <sup>2</sup>
0,5	72	20	6,48 <sup>b</sup>	11,70	
1,0	72	20	6,57 <sup>a</sup>	12,70	
0	0	35	6,69 <sup>d</sup>	20,59 <sup>a</sup>	DIAS, 2009 <sup>3</sup>
0,8	0	35	6,75 <sup>c</sup>	20,49 <sup>b</sup>	
1,6	0	35	6,94 <sup>b</sup>	17,28 <sup>c</sup>	
2,4	0	35	7,01 <sup>a</sup>	18,22 <sup>d</sup>	

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente ( $P < 0,05$ ); para níveis de cal foram adaptadas letras para demonstrar efeito; <sup>1</sup>novilhas de corte (três nelores e três mestiças Nelore-Holandês) com peso corporal inicial (PCI) de 170 kg, composição da cal não apresentada; <sup>2</sup>novilhas Nelore com idade aproximada de 18 meses e peso médio de 180 kg, composição da cal não informada; <sup>3</sup>vacas cruzadas com PCI de 412,06 kg, composição da cal hidratada não informada.

Em condições de alimentação de bovinos com cana-de-açúcar hidrolisada (Tabela 4), os estudos de MORAES et al. (2008b) e PINA (2008) não verificaram variações no teor de nitrogênio amoniacal com a inclusão de cal na cana-de-açúcar. No entanto, DIAS (2009) verificaram diminuição nos teores de nitrogênio amoniacal com o aumento de doses de cal na cana-de-açúcar. O autor cita que estes menores teores proporcionaram menores perdas de nitrogênio amoniacal (via não identificada) e provavelmente melhor aproveitamento do nitrogênio amoniacal pelos microrganismos ruminais.

## CAPÍTULO 2 - ALIMENTAÇÃO DE NOVILHAS JOVENS DA RAÇA NELORE COM CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

**RESUMO** - O presente estudo teve por objetivo avaliar o consumo das frações alimentares, o desempenho animal e a apreciação econômica da alimentação de novilhas jovens da raça Nelore com cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de armazenamento. Foram utilizadas 24 novilhas, com idade e peso corporal médio inicial de  $9 \pm 1$  meses e  $119,64 \pm 8,12$  kg, respectivamente. Os animais foram distribuídos inteiramente ao acaso (seis repetições) nos tratamentos formados pelas dietas contendo cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero), cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal hidratada armazenada por 24, 48 ou 72 horas. O consumo de matéria seca ajustou-se à equação de regressão cúbica ( $Y = 3,59 - 0,101x + 0,0028x^2 - 0,000023^3$ ;  $R^2 = 0,90$ ), com ponto de máxima de 3,85 kg e mínima de 2,49 kg para dietas com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero) e hidrolisada armazenada por 72 horas, respectivamente. A relação cálcio:fósforo consumida apresentou variação quadrática ( $Y = 2,488 + 0,791x - 0,00082x^2$ ;  $R^2 = 0,99$ ), com ponto de máxima de 4,27:1 para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 48 horas. A lucratividade aumentou linearmente ( $Y = -13,241 + 0,184x$ ;  $R^2 = 0,66$ ) até 72 horas de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada. O fornecimento de cana-de-açúcar adicionada de 0,5% de cal hidratada armazenada por até 72 horas deprime o consumo e desempenho de novilhas jovens da raça Nelore, porém favorece a lucratividade do sistema de confinamento.

**Palavras-Chave:** cal hidratada, consumo de matéria seca, custos, ganho médio diário

## CHAPTER 2 - FEEDING NELLORE YOUNG HEIFERS WITH HYDROLYZED SUGARCANE AT DIFFERENTS STORAGE TIMES

**ABSTRACT** - This study aimed to evaluate of dietary fractions intake, animal performance and economic evaluation of feeding Nellore young heifers with hydrolyzed sugarcane at different storage times. Twenty four heifers, age and initial body weight of  $9 \pm 1$  months and  $119.64 \pm 8.12$  kilograms, respectively. The animals were randomly distributed (six replicates) in treatments formed by diets containing of fresh sugarcane (time zero) and hydrolyzed sugarcane with .5% of lime hydrated stored for 24, 48 or 72 hours. Dry matter intake showed better adjustment for cubic regression ( $Y = 3.59 - .101x + .0028x^2 - .0000233, R^2 = .90$ ), with point maximum of 3,85 kg and minimum of 2,49 kg for diets with fresh sugarcane (zero time) and hydrolyzed stored for 72 hours, respectively. The calcium phosphorus relationship of consumed diet showed quadratic variation ( $Y = 2.488 + .791x - .00082x^2, R^2 = .99$ ), reaching a maximum of 4.27:1 for diets with hydrolyzed sugarcane stored for 48 hours. The profitability showed a linear increase ( $Y = -13.241 + .184x, R^2 = .66$ ) 72 hours until of storage of hydrolyzed sugarcane. The supply of sugarcane more 0.5% hydrated lime stored for different periods affect the consumption and performance of young Nellore heifers, but favors the profitability of the feedlot.

**Keywords:** average daily gain, costs, dry matter intake, lime hydrated

## Introdução

A alimentação de bovinos no período de entressafra de produção de forragens preocupa não somente pelo aspecto nutricional, mas também pelo custo do volumoso que substitui o pasto na dieta. OLIVEIRA (2007) destacou que na composição do custo da alimentação, os volumosos têm participação importante, pois representam 40-80% da matéria seca da dieta. A utilização da cana-de-açúcar como forrageira, nesse sentido, destaca-se pelo baixo custo da tonelada produzida e elevada produção de matéria seca e nutrientes digestíveis totais/ha, coincidentes com o período de escassez de forragem (LIMA & MATTOS, 1993; GALAN & NUSSIO, 2000).

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos baseia-se no corte diário e fornecimento imediato da forragem fresca no cocho juntamente com concentrado, a fim de proporcionar por meio do consumo de matéria seca, os nutrientes suficientes para atender as exigências nutricionais dos animais (MOTA, 2008). O corte diário da cana-de-açúcar, principalmente em confinamentos de larga escala, tem contribuído para aumento no custo da alimentação e da quantidade de mão-de-obra necessária nestes sistemas (SANTOS, 2007).

Apesar da baixa quantidade de proteína e minerais, a cana-de-açúcar pode ter suas deficiências corrigidas pelo uso de uréia e mistura mineral. Entretanto, existem limitações de consumo dessa forrageira por bovinos, devido à baixa digestibilidade de sua fibra (MAGALHÃES et al., 2004). Com intuito de melhorar as características nutritivas da forragem (OLIVEIRA et al., 2007) e diminuir a frequência de corte (DOMINGUES, 2009) tem-se pesquisado o tratamento da cana-de-açúcar com óxido e hidróxido de cálcio. Sendo assim, o presente estudo objetivou avaliar o consumo das frações alimentares, o desempenho animal e a apreciação econômica da alimentação de novilhas jovens da raça Nelore com cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de armazenamento.

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período compreendido entre 06/09 e 15/12/2008, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal a 21°14'05" de latitude Sul e 48°17'09" de longitude Oeste, com altitude de 613,98 m. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é o tipo Awa, com verões quentes e inverno seco. Os dados climáticos do período experimental são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias para temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa do ar (UR) e precipitação.

Meses	Tmax, °C	Tmin, °C	Tmed, °C	UR, %	Precipitação, mm
Setembro	30,20	14,90	21,80	59,60	15,10
Outubro	31,60	19,20	24,60	68,30	60,50
Novembro	32,10	18,80	24,30	71,40	81,80
Dezembro	31,00	19,10	23,90	77,00	278,90
Média	31,22	18,00	23,65	67,08	109,08

Dados obtidos no Posto Meteorológico da FCAV-UNESP – Campus de Jaboticabal-SP, 2008.

Foram utilizadas 24 novilhas da raça Nelore, contemporâneas, provenientes de desmame convencional (junho/2008) aos sete meses de idade. Após desmame os animais permaneceram em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com suplementação mineral, apresentando ao início do experimento idade e peso corporal médio de  $9 \pm 1$  meses e  $119,64 \pm 8,12$  kg, respectivamente. Estes animais foram confinados individualmente em baias parcialmente cobertas de  $14 \text{ m}^2$ , pavimentadas com concreto e providas com bebedouros e comedouros individualizados. As novilhas foram distribuídas inteiramente ao acaso (seis repetições) nos tratamentos compostos pelas dietas experimentais, sendo previamente ao início do experimento adaptadas por 17 dias às instalações e dietas. As novilhas foram pesadas individualmente, no início e final dos três períodos experimentais (28 dias), após jejum de sólidos e líquidos (14 horas) e avaliadas quanto ao escore de condição corporal, por três avaliadores, numa escala de um (muito magro) a cinco (muito gordo) segundo RESTLE (1972).

O volumoso utilizado foi a cana-de-açúcar proveniente do Setor de Bovinocultura de Leite da UNESP/Jaboticabal, cultivar IAC 86-2480, submetida em 20/12/2007 a

adubação de cobertura (400 kg de nitrogênio/ha) e controle de invasoras. Na época do experimento, a cana-de-açúcar apresentava 10 - 12 meses de idade (3º corte), sendo cortada com auxílio de forrageira acoplada a trator, regulada para obtenção de partículas de 8 a 10 mm. Depois de picada a cana-de-açúcar foi espalhada em camadas de  $\pm 20$  cm sobre piso de concreto em galpão coberto e adicionou-se a suspensão de cal hidratada (composição parcial: MgO= 1,5%, CaO total= 72,5%, (Ca(OH)<sub>2</sub>= 95%) na proporção de 0,5 kg de cal em 2 litros de água para 100 kg de cana-de-açúcar picada. Após homogeneização da suspensão de cal com a cana-de-açúcar picada, foi realizado o amontoamento do material ( $\pm 500$  kg e  $\pm 80$  cm de altura), de modo que, do mesmo amontoado foi obtida a cana-de-açúcar hidrolisada e armazenada por 24, 48 ou 72 horas.

O concentrado foi constituído de grão de milho moído fino, farelo de soja, calcário calcítico, uréia pecuária e núcleo mineral (Tabela 2). As dietas foram balanceadas para ganho de peso corporal diário de 750 g/dia, estimando-se consumo de 2,4 kg de matéria seca/100 kg de peso corporal segundo NRC (1996). As dietas foram formuladas para apresentar 60% de volumoso e para serem isonitrogenadas (14% de proteína bruta). O consumo de ração foi registrado diariamente pela pesagem do oferecido (volumoso + concentrado) e das sobras, sendo a oferta de alimentos mantida em 10% acima do consumo voluntário e fornecida em duas refeições diárias (08 e 14 horas), com a mistura do volumoso e concentrado no cocho.

Tabela 2. Composição das dietas após determinação da matéria seca dos alimentos.

% da matéria seca	Tratamentos			
	CI	CH24	CH48	CH72
Cana-de-açúcar	61,00	61,00	62,00	63,00
Grão de milho moído fino	17,32	17,32	16,87	16,43
Farelo de soja	21,12	21,12	20,58	20,04
Núcleo mineral <sup>1</sup>	1,79	1,79	1,74	1,70
Calcário calcítico	0,39	0,39	0,38	0,37
Uréia pecuária	0,32	0,32	0,31	0,30

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente. <sup>1</sup>Níveis de garantia do fabricante: P= 40 g, Ca= 146 g, Na= 56 g, S= 40 g, Mg= 20 g, Cu= 350 mg, Zn= 1300 mg, Mn= 900 mg, Ferro= 1050 mg, Co= 10 mg, I= 24 mg, Se= 10 mg, F (max.) 400 mg, veículo q.s.q 1000g.

Amostras de alimentos e sobras foram coletadas semanalmente, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$ . Ao término do experimento, foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada à  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 horas. Em seguida foram moídas em moinho tipo Willey, com peneiras com crivos de 1 mm, armazenadas em potes plásticos para posteriores análises químicas (Tabelas 3 e 4).

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) foram obtidos segundo AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizados segundo VAN SOEST et al. (1991). Os carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo SNIFFEN et al. (1992), onde:  $\text{CT} = 100 - \text{PB} - \text{EE} - \text{MM}$  e  $\text{CNF} = 100 - \text{FDNcp} - \text{PB} - \text{EE} - \text{MM}$ . O teor de amido foi determinado pela metodologia de HENDRIX (1993) para a extração, e ácido dinitrosalicínico (DAS) para leitura colorimétrica (MILLER, 1959). O teor de nutrientes digestíveis totais foi estimado segundo WEIS (1993). Já para análise de minerais (Tabela 5) foi utilizada metodologia descrita por SILVA & QUEIROZ (2002).

Tabela 3. Composição química dos volumosos e ingredientes do concentrado.

Itens (% da matéria seca)	Ingredientes						
	Cana	C24	C48	C72	GM	FS	Uréia
Matéria seca, %	25,97	25,67	27,38	28,33	85	87,31	99
Matéria mineral	3,73	5,84	5,88	5,94	1,16	5,71	--
Proteína bruta	3,59	3,85	3,67	3,57	8,44	48,24	281
Extrato etéreo	1,22	1,27	1,29	1,31	4,18	2,1	--
Fibra em detergente neutro	53,43	55,08	54,89	57,47	17,85	18,43	--
FDNcp	50,56	51,14	50,50	54,59	14,83	16,52	--
Fibra em detergente ácido	32,4	34,3	33,2	35,1	5,11	13	--
N insolúvel em detergente neutro	0,16	0,18	0,18	0,19	0,02	0,07	--
N insolúvel em detergente ácido	1,43	1,58	1,54	1,61	0,40	0,16	--
Lignina	7,23	5,97	5,54	5,92	0,06	4,49	--
Carboidratos não fibrosos	36,3	31,95	33,02	29,83	58,37	20,06	--
Carboidratos totais	91,46	89,04	89,16	89,18	86,22	38,49	--
Amido	12,36	11,67	7,22	12,03	86,59	8,40	--
Nutrientes digestíveis totais	58,24	58,39	59,07	57,64	83,19	69,96	--

Cana = cana-de-açúcar *in natura*; C24, C48 e C72 = cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente. GM = grão de milho moído; FS = farelo de soja; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; N = nitrogênio.

Tabela 4. Composição química das dietas.

% da matéria seca	Tratamentos			
	CI	CH24	CH48	CH72
Matéria seca, %	51,50	51,32	51,71	51,68
Matéria mineral	5,86	7,15	7,14	7,15
Proteína bruta	14,74	14,90	14,50	14,15
Extrato etéreo	1,91	1,94	1,94	1,93
Fibra em detergente neutro (FDN)	41,31	42,31	42,52	44,48
FDNcp	36,90	37,26	37,51	40,15
Fibra em detergente ácido	23,39	24,55	24,12	25,56
Nitrogênio insolúvel em detergente neutro	0,12	0,13	0,13	0,14
Nitrogênio insolúvel em detergente ácido	0,98	1,07	1,06	1,11
Lignina	5,32	4,55	4,32	4,49
Carboidratos não fibrosos	36,49	33,84	34,45	32,40
Carboidratos totais	78,85	77,38	77,75	78,06
Amido	24,31	23,89	20,82	23,49
Nutrientes digestíveis totais	64,71	64,80	65,06	64,00

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dieta com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; FDNcp = FDN corrigida para cinzas e proteínas.

Tabela 5. Composição mineral dos ingredientes e dietas.

	Minerais								
	Ca <sup>1</sup>	P <sup>1</sup>	Mg <sup>1</sup>	K <sup>1</sup>	Fe <sup>2</sup>	Mn <sup>2</sup>	Zn <sup>2</sup>	Cu <sup>2</sup>	Ca:P
Cana	0,14	0,01	0,07	0,55	7,33	30,33	4,33	2,00	14,00
C24	0,94	0,03	0,13	0,68	303,67	45,67	11,33	2,33	31,33
C48	0,91	0,03	0,12	0,62	260,33	49,33	13,67	2,67	30,33
C72	0,95	0,04	0,13	0,69	325,33	49,67	13,33	2,33	23,75
GM	0,01	0,14	0,07	0,28	27,00	4,00	17,00	3,00	0,07
FS	0,20	0,55	0,23	1,53	246,00	19,00	46,00	12,00	0,40
CI	0,54	0,22	0,14	0,71	79,90	39,32	38,57	10,54	2,46
CH24	1,03	0,23	0,18	0,71	260,67	48,67	42,84	10,74	4,44
CH48	1,00	0,23	0,17	0,75	234,86	50,83	43,43	10,72	4,45
CH72	1,03	0,23	0,17	0,79	276,54	51,06	42,51	10,32	4,52

<sup>1</sup>% da matéria seca; <sup>2</sup>mg/kg; Cana = cana-de-açúcar *in natura*; C24, C48, C72 = cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; GM = grão de milho moído fino; FS = farelo de soja.

Para apreciação econômica foi adaptada metodologia descrita por PACHECO et al. (2006), sendo avaliados: os custos com volumoso; concentrado; mão-de-obra; aquisição de animais; depreciação de equipamentos; custo de oportunidade da terra

(2% do custo médio do hectare de terra de lavoura); custo de oportunidade do capital investido; custo total; receita bruta; receita líquida; lucratividade total e mensal.

Os custos de depreciação levaram em consideração a vida útil dos equipamentos em horas e taxa de manutenção de 10%. O custo médio da cana-de-açúcar foi de R\$30,00/ton (CEPEA/ESALQ/USP, 2008). Para o cálculo do custo da cana-de-açúcar hidrolisada foi somado o custo com a cal (R\$0,69/kg de cal) de acordo com a quantidade usada (COPLANA, 2008). O preço/kg das bezerras da raça Nelore foi obtido a partir do preço de compra de bezerras da raça Nelore com 150 kg (R\$280,00) em setembro de 2008, e o preço/kg para venda a partir do preço de comercialização (R\$600,00) de Novilhas da raça Nelore aos 12 meses de idade com 180 kg em dezembro de 2008 (SINOHARA & CELIDONIO, 2008). Utilizou-se taxa média de juros da poupança de 6% ao ano e US\$= R\$1,85 em setembro para compra de insumos e US\$= R\$2,33 em dezembro para comercialização dos animais (ANUALPEC, 2009). Para o cálculo do custo de mão-de-obra foi considerada uma hora diária de trabalho, calculado a partir do salário rural médio de tratador (R\$450,00) e duas horas para corte da cana-de-açúcar calculada a partir do salário médio de tratorista (R\$550,00).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (dietas), seis repetições (animais) e três períodos (medidas repetidas no tempo). Os dados foram submetidos à análise de normalidade e quando necessário foram transformados utilizando-se  $\log^2$ . Depois de satisfeitas as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias, os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. O valor do coeficiente de determinação foi calculado a partir da soma de quadrados da regressão considerada significativa dividida pela soma de quadrados total recalculado [soma de quadrados da regressão + soma de quadrados do erro da análise de variância (erro puro)].

Para análises utilizou-se o programa estatístico SAS v. 8.02 (2001), adotando-se 5% como nível de significância. O modelo matemático geral foi representado por:  $\gamma_{ijkl} = \mu + \tau_i + \xi_j(\tau)_i + \alpha_k + (\tau\alpha)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$ , onde:  $\gamma_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\tau_i$  = efeito de tratamento;  $\xi_j(\tau)_i$  = efeito da repetição dentro de tratamento;  $\alpha_k$  = efeito do período;  $(\tau_i\alpha_k)$  = interação entre tratamento e período;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental residual. Para

análise de regressão o modelo foi:  $\gamma_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $\gamma_{ij}$  = variáveis dependentes;  $\beta$ 's = coeficientes de regressão;  $X_i$  = variáveis independentes;  $\alpha_j$  = desvios da regressão; e  $\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório residual.

## Resultados e Discussão

Foi verificado que não ocorreu interação significativa entre dietas e períodos para as variáveis estudadas. Na Tabela 6 são apresentados os resultados para o consumo das frações alimentares e ralação cálcio:fósforo ingerido.

Tabela 6. Médias para o consumo das frações alimentares de novilhas jovens da raça Nelore confinadas.

Consumo	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de Regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
MS, kg	3,85	2,67	2,97	2,77	16,89	0,90	NS	NS	*
MS, %PC	2,49	2,02	2,14	1,98	11,15	0,80	NS	NS	**
PB, kg	0,61	0,41	0,47	0,42	14,95	0,90	NS	NS	**
PB, %PC	0,40	0,32	0,35	0,30	9,93	0,92	NS	NS	*
NDT, kg	2,43	1,61	1,83	1,58	17,00	0,91	NS	NS	**
NDT, %PC	1,57	1,22	1,32	1,13	10,39	0,84	NS	NS	***
FDN, kg	1,41	0,94	1,05	0,98	21,41	0,87	NS	NS	**
FDN,%PC	0,91	0,70	0,75	0,70	14,13	0,76	NS	NS	**
Ca, g	15,61	18,03	24,13	20,80	10,24	0,92	NS	**	NS
P, g	6,31	4,71	5,64	5,21	8,77	0,93	NS	NS	**
Relação Ca:P	2,47:1	3,85:1	4,27:1	3,98:1	7,34	0,99	NS	***	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; CMS = consumo de matéria seca; CPB = consumo de proteína bruta; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; CCa = consumo de cálcio; CP = consumo de fósforo; Ca:P = relação cálcio:fósforo consumida; PC = peso corporal; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,0001; <sup>NS</sup>P > 0,05.

O consumo de matéria seca, em kg/dia, apresentou melhor ajuste para equação de regressão cúbica ( $Y = 3,59 - 0,10x + 0,003x^2 - 0,00002x^3$ ), com ponto de máxima e mínima para novilhas consumindo dietas com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero) e

cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas, respectivamente (Tabela 6). Já o consumo de matéria seca em relação ao peso corporal, ajustou-se melhor a equação de regressão cúbica ( $Y = 2,4 - 0,046x + 0,0014x^2 - 0,000011x^3$ ), com consumo máximo e mínimo em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas, respectivamente. Em análise de contrastes, verificou-se que o consumo de matéria seca, na formas como foi expresso, foi maior ( $P < 0,05$ ) para as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* em relação às demais dietas.

Supõe-se que o consumo de matéria seca, neste estudo, esteja relacionado à categoria animal utilizada e a aceitabilidade do volumoso, já que em estudos com vacas leiteiras (SFORCINI, 2008; TEIXEIRA JR, 2008 e ALVES, 2010) o consumo de matéria seca não foi diminuído pelo armazenamento (até 72 horas) da cana-de-açúcar adicionada de 0,5% cal virgem ou hidratada. Da mesma forma, DOMINGUES (2009) avaliando a cana-de-açúcar hidrolisada com cal virgem (0,5 e 1,0%) e armazenada por diferentes períodos (0; 24; 48; 72 horas) na dieta de novilhas mestiças ½ Nelore ½ Red Angus não verificou alterações no consumo de matéria seca e desempenho animal. Um aspecto que reforça a hipótese de efeito da categoria e aceitabilidade do volumoso está relacionado à quantidade e composição das sobras, onde se constatou maiores quantidades de alimento, principalmente nos comedouros de novilhas que receberam cana-de-açúcar hidrolisada. Segundo VAN SOEST (1994) o consumo de alimento varia em função da variabilidade animal (espécie animal, status nutricional, categoria animal, demanda energética, idade, sexo), palatabilidade e seleção da forragem.

O consumo de proteína bruta ( $Y = 0,562 - 0,017x + 0,0005x^2 - 0,000004x^3$ ), nutrientes digestíveis totais ( $Y = 2,29 - 0,07x + 0,002x^2 - 0,0000017x^3$ ) e fibra em detergente neutro ( $Y = 1,27 - 0,042x + 0,0012x^2 - 0,000009x^3$ ) ajustaram-se a equações de regressão cúbica, com maior consumo em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e menor consumo para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas (Tabela 6). Quando expressos em percentagem do peso corporal, o consumo de proteína bruta ( $Y = 0,38 - 0,008x + 0,00025x^2 - 0,000002x^3$ ), nutrientes digestíveis totais ( $Y = 1,53 - 0,035x + 0,0011x^2 - 0,000009x^3$ ) e fibra em detergente neutro ( $Y = 0,85 - 0,022x + 0,0006x^2 - 0,000005x^3$ ), variaram de forma cúbica em função do tempo de

armazenamento da cana-de-açúcar, com máximo e mínimo consumo em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada armazenada por 72 horas, respectivamente.

O consumo de cálcio apresentou ajuste para equação de regressão quadrática ( $Y = 18,81 + 0,3144x - 0,0032x^2$ ), com máximo consumo (24,13 g/dia) em dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 48 horas, resultado da adição de cal à cana-de-açúcar e do consumo de matéria (Tabela 6). O consumo de fósforo ajustou-se a equação de regressão cúbica ( $Y = 7,89 - 0,21x + 0,006x^2 - 0,00005x^3$ ), com consumo máximo (6,31 g/dia) em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e mínimo (4,71 g/dia) naquelas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas. As variações no consumo de fósforo foram associadas ao consumo de matéria seca ( $r = 0,95$ ;  $P < 0,05$ ).

A relação cálcio:fósforo consumida ajustou-se melhor a equação de regressão quadrática ( $Y = 2,488 + 0,79x - 0,0008x^2$ ), com ponto de máxima (4,27:1) em dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 48 horas (Tabela 6). Os valores para relação cálcio:fósforo das dietas com cana-de-açúcar hidrolisada estão próximos aos encontrados por SFORCINI (2009), que verificou relação entre estes minerais de 1,01:1; 4,14:1 e 4,51:1 para dietas a base de cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem armazenada por 48 ou 72 horas, respectivamente. Segundo DOMINGUES (2009) a adição de 0,5% de cal virgem à cana-de-açúcar é recomendada face à elevação nos teores de cálcio e relação cálcio:fósforo, mantendo limites adequados destes minerais aos animais.

Devido à semelhança do peso corporal e da condição corporal das novilhas ao início do experimento, o escore de condição corporal inicial foi semelhante ( $P > 0,05$ ) entre dietas (Tabela 7). Por outro lado, em virtude do peso corporal inicial e da variação do ganho de peso médio diário, o peso corporal final das novilhas apresentou ajuste para equação de regressão quadrática ( $Y = 188,4 - 1,52x + 0,0166x^2$ ), com menor peso corporal para novilhas alimentadas com dietas formuladas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas.

Tabela 7. Médias relacionadas com o desempenho de novilhas jovens da raça Nelore confinadas.

Variáveis	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de Regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
PI, kg	121,55	118,00	117,17	121,83	7,83	--	NS	NS	NS
PF, kg	187,91	157,48	163,37	164,67	4,20	0,95	NS	*	NS
GMD, kg	0,79	0,47	0,55	0,51	24,79	0,58	NS	NS	**
ECCI, pontos	1,87	1,83	1,77	1,72	7,92	--	NS	NS	NS
ECCF, pontos	3,46	2,85	3,25	3,15	5,73	0,99	NS	NS	*
GECC, pontos	1,59	1,02	1,49	1,43	17,53	0,85	NS	NS	*
CA, kg MS/kg GPC	4,89	5,64	5,38	5,47	17,98	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; PI = peso corporal inicial; PCF = peso corporal final; GMD = ganho de peso médio diário; ECCI = escore de condição corporal inicial; ECCF = escore de condição corporal final; GECC = ganho em escore de condição corporal; CA = conversão alimentar; MS = matéria seca; GPC = ganho de peso corporal; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; <sup>NS</sup>P > 0,05.

Em virtude das variações no consumo das frações alimentares o ganho de peso médio diário variou de forma cúbica ( $Y = 0,703 - 0,049x + 0,0015x^2 - 0,000013x^3$ ) em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, com ponto de máxima para os animais alimentados com cana *in natura* e ponto de mínima para os alimentados com cana hidrolisada armazenada por 24 horas. Cabe destacar que todos os tratamentos com cana hidrolisada o ganho de peso corporal foi menor em relação aos animais alimentados com cana *in natura*, representando 41, 30 e 35% a menos no ganho de peso para os animais alimentados com cana hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas respectivamente. Tais resultados não eram esperados, já que se tem verificado ganhos de peso corporal semelhantes em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada e cana-de-açúcar *in natura* (DOMINGUES, 2009), ou até mesmo ganhos de peso corporal superior para novilhas Nelore alimentadas com cana hidrolisada em relação à cana *in natura* (PINA et al., 2010). Por outro lado, MORAES et al. (2008) avaliando o desempenho de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* adicionada ou não de 1,0% de cal virgem (fornecida após 24 horas de armazenamento) e associada a três níveis de concentrado (0,0; 0,5; 1,0% peso corporal), verificaram que a cana-de-açúcar hidrolisada influenciou negativamente o

ganho de peso corporal, o que foi atribuído ao menor consumo de matéria seca ocasionado pela baixa aceitabilidade do volumoso pelos animais. Todavia, cabe destacar que o autor acima citado não apresentou a composição química da cal virgem, fator muito importante para o processo de hidrólise.

O escore de condição corporal apresentou ajuste para equação de regressão cúbica ( $Y = 3,5 - 0,071x + 0,0022x^2 - 0,000018x^3$ ), com ponto de máxima para novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* e mínima para aquelas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas (Tabela 7). Segundo o NRC (1996), maiores ganhos de peso corporal proporcionam maiores depósitos de gordura corporal, o que justifica o escore de condição corporal final e o ganho em escore de condição corporal, que variou de forma cúbica ( $Y = 1,62 - 0,069x + 0,00223x^2 - 0,000018x^3$ ) em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada.

A conversão alimentar não apresentou ajuste aos modelos de regressão testados ( $P > 0,05$ ). Quando efetuado análise de contrastes ortogonais, verificou-se melhor ( $P < 0,05$ ) conversão alimentar de novilhas alimentadas com dietas formuladas com cana-de-açúcar *in natura* em relação às com cana-de-açúcar hidrolisada. DOMINGUES (2009) verificou conversão alimentar variando de 5,89 para animais alimentados com cana-de-açúcar *in natura* até 6,87 para animais alimentados com cana-de-açúcar hidrolisada com 1% de cal hidratada e armazenada por 72 horas. Os valores deste estudo encontram-se próximos aos do estudo supracitado. CARDOSO et al. (2004), alimentaram novilhos Simental pesando em média 400 kg com cana-de-açúcar *in natura* e observaram valores de conversão alimentar em torno de 6,42. As diferenças entre os resultados para esta característica nos diferentes estudos podem estar associadas à categoria animal, idade, raça e histórico alimentar dos animais.

Os custos com aquisição de animais não foram alterados significativamente pelas dietas, uma vez que os animais foram adquiridos com peso semelhante (Tabela 8). De outra forma, os custos com mão-de-obra ( $Y = 65,25 - 0,50x$ ) e depreciação de equipamentos ( $Y = 108,14 - 0,69x$ ) apresentaram ajuste para equações de regressão lineares, diminuindo aproximadamente 0,50 e 0,69 centavos de reais com o aumento de uma hora em média no armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada,

respectivamente (Tabela 8). Estes resultados estão relacionados à menor quantidade de horas máquina e mão-de-obra para corte da cana-de-açúcar, já que este processo envolve tempo necessário para engate e desengate de máquinas, e tempo destinado ao deslocamento para corte e transporte do volumoso para o local de alimentação.

Tabela 8. Médias para apreciação econômica da alimentação de novilhas jovens da raça Nelore em confinamento.

Variáveis	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de Regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
CAA, R\$	224,86	228,3	216,76	225,39	7,83	--	NS	NS	NS
CMO, R\$	61,24	61,24	37,17	29,15	5,03	0,88	***	NS	NS
CCD, R\$	103,97	100,17	70,56	58,80	3,35	0,92	***	NS	NS
CCC, R\$	110,57	77,83	86,61	82,12	14,93	0,72	NS	NS	*
CCV, R\$	3,71	2,91	3,26	2,80	15,23	0,50	NS	NS	*
COCI, R\$	35,90	33,49	30,34	28,20	6,57	0,91	***	NS	NS
COT, R\$	164,36	118,56	132,95	116,88	14,91	0,74	NS	*	NS
CT, R\$	704,61	622,50	577,65	543,34	7,79	0,89	***	NS	NS
RB, R\$	625,17	525,24	544,59	547,22	5,49	0,56	**	NS	NS
RL, R\$	-79,44	-97,26	-33,06	3,88	14,13	0,70	***	NS	NS
LT, %	-12,80	-10,32	-5,76	0,55	13,43	0,66	***	NS	NS
LM, %	-0,51	-0,41	-0,23	0,02	12,09	0,66	***	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; CAA = custo com aquisição de animais; CMO = custo com mão-de-obra; CCD = custo com depreciações; CCC = custo com concentrado; CCV = custo com volumoso; COCI = custo de oportunidade do capital investido; COT = custo de oportunidade da terra; CT = custo total; RB = renda bruta; RL = renda líquida; LT = lucratividade total; LM = lucratividade mensal; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,0001; <sup>NS</sup>P > 0,05.

Os custos com concentrado ( $Y = 110,57 - 2,99x + 0,08x^2 - 0,0007x^3$ ) e volumoso ( $Y = 3,79 - 0,08x + 0,0024x^2 - 0,00002x^3$ ) apresentaram variação cúbica com o aumento do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar, com valores máximos em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e mínimos para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas, variações atribuídas ao consumo de matéria seca. De outra maneira, o custo de oportunidade do capital investido apresentou ajuste à equação de regressão linear ( $Y = 45,17 - 0,14x$ ), diminuindo 0,14 centavos de Real a cada hora de aumento no tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada (Tabela 7).

O custo de oportunidade da terra apresentou ajuste dos dados à equação de regressão cúbica ( $Y = 153,5 - 4,3x + 0,12x^2 - 0,001x^3$ ), com valor máximo para animais alimentados com dietas compostas por cana-de-açúcar *in natura* e mínimos para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas. O custo total diminuiu linearmente ( $Y = 639 - 2,14x$ ) com o aumento do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, sendo R\$2,14 mais econômico a cada hora em média no aumento do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar. A diminuição do custo total foi proporcionada principalmente devido à diminuição dos custos com mão-de-obra, depreciações de equipamentos e custo de oportunidade do capital investido.

A renda bruta apresentou melhor ajuste a equação de regressão quadrática ( $Y = 622,6 - 3,34x + 0,03x^2$ ), com ponto de mínima para dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas. A menor renda para esta dieta foi associada ( $r = 0,65$ ;  $P = 0,0123$ ) ao menor ganho de peso médio diário, ocasionando dessa forma menor peso corporal dos animais para venda. Outro fator que contribuiu para menor renda em dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas consiste na necessidade de corte diário da cana-de-açúcar para hidrólise, fato associado a atividades e processos que geram custos. Os resultados deste estudo estão de acordo aos obtidos por SFORCINI (2008), que avaliando dietas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com cal virgem armazenada por 48 ou 72 horas para vacas leiteiras, verificou maior receita para aquelas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas em relação às com cana-de-açúcar *in natura* e semelhante à receita daquelas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 48 horas.

Devido à diminuição dos custos com mão-de-obra, depreciações e custo de oportunidade do capital investido, houve elevações lineares ( $P < 0,05$ ) na renda líquida ( $Y = - 80,03 + 1,13x$ ), aumentando R\$1,13 a cada hora a mais no armazenamento da cana-de-açúcar. Em consequência do aumento da renda líquida, a lucratividade total ( $Y = - 13,24 + 0,18x$ ) e lucratividade mensal ( $Y = - 0,525 + 0,007x$ ) apresentaram elevações lineares com o aumento do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, representando aumento de 0,18% e 0,007% a cada hora a mais no tempo de armazenamento da cana-de-açúcar, respectivamente (Tabela 7). SFORCINI (2008)

verificou melhor eficiência financeira para dietas contendo cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas em relação a dietas com cana-de-açúcar *in natura*. Da mesma forma, TEIXEIRA JR (2008), avaliando dietas formuladas com silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem ou 0,5% de cal hidratada armazenadas até 48 horas, verificaram melhores eficiências financeiras para dietas compostas por cana-de-açúcar hidrolisada. Fica evidenciado pelo exposto acima, que o aumento da lucratividade do sistema de produção de bovinos em confinamento não depende somente da elevação no desempenho animal, mas também da redução dos custos de produção. De outra forma, MISSIO et al. (2009) citam que a lucratividade do sistema de confinamento para terminação de bovinos é variável, visto que é influenciada pelas variações impostas pelo mercado sobre os preços dos insumos e produto final. Essa variabilidade, segundo os mesmos autores, pode ser também visualizada entre diferentes regiões do país, uma vez que os insumos e produtos cárneos respondem a variações regionalizadas de mercado.

As participações do custo com mão-de-obra ( $Y = 9,56 + 0,02x - 0,001x^2$ ) e depreciação de equipamentos ( $Y = 16,03 + 0,035x - 0,002x^2$ ) no custo total apresentaram melhores ajustes a equações de regressão quadráticas, com ponto de máxima para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas (Tabela 8). Estes resultados são relevantes, e veem de encontro ao interesse de produtores quanto a diminuições nos custos de produção. Cabe destacar, que o armazenamento da cana-de-açúcar pela adição de cal com intuito de reduzir os custos de produção na alimentação de novilhas jovens (animais com idade inferior a 12 meses) da raça Nelore seria recomendado para situações em que o objetivo da criação não necessite elevado desempenho animal.

Os custos com concentrado ( $Y = 16,5 - 0,39x + 0,013x^2 - 0,0001x^3$ ) e volumoso ( $Y = 0,565 - 0,009x + 0,0004x^2 - 0,000004x^3$ ), expressos em relação ao custo total, foram melhor ajustados a equações de regressão cúbicas, com valores máximos para dietas com cana-de-açúcar *in natura* e mínimos para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas, reflexos do consumo de matéria seca. Da mesma forma, os custos de oportunidade do capital investido ( $Y = 6,83 + 0,04x - 0,0012x^2 -$

$0,00001x^3$ ) e custo de oportunidade da terra ( $Y = 17,7 - 0,43x + 0,014x^2 - 0,00012x^3$ ) apresentaram melhores ajustes a equações de regressão cúbicas, com valores máximos em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e mínimos para cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas (Tabela 8).

Dentre as participações no custo total destacaram-se os custos com aquisição de animais, oportunidade da terra, alimentação (volumoso e concentrado) e depreciações, em ordem decrescente (Tabela 8). Em sistemas de confinamento de bovinos, quando desconsiderado o custo com aquisição de animais, é comum a alimentação ser o custo mais oneroso do sistema de produção, e dentro deste, o mais oneroso refere-se ao concentrado (PACHECO et al., 2006; RESTLE et al., 2007). De outra forma, quando o sistema de produção se torna mais intensivo, como situações de elevadas proporções de concentrado na dieta (MISSIO et al., 2009) ou elevados pesos de abate (RESTLE et al., 2007) o custo com alimentação pode superar o custo com aquisição de animais.

Tabela 8. Médias da participação dos custos em relação ao custo total da alimentação de novilhas jovens da raça Nelore em confinamento.

Variáveis	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de Regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
CAA, %	31,73	35,86	37,92	41,18	3,45	--	NS	NS	NS
CMO, %	8,80	10,05	6,34	5,50	8,34	0,97	**	NS	NS
CCD, %	14,95	16,43	12,07	11,05	8,48	0,95	*	NS	NS
CCC, %	15,45	12,76	15,23	14,80	8,19	0,65	NS	NS	**
CCV, %	0,53	0,47	0,56	0,52	8,17	0,57	NS	NS	**
COCI, %	5,14	5,44	5,19	5,26	1,58	0,67	NS	NS	*
COT, %	23,40	18,99	22,69	21,69	8,18	0,68	NS	NS	***

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (Tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; CAA = custo com aquisição de animais; CMO = custo com mão-de-obra; custo com depreciação; CCC = custo com concentrado; CCV = custo com volumoso; COCI = custo de oportunidade do capital investido; COT = custo de oportunidade da terra; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação linear, quadrática ou cúbica, respectivamente; \*P < 0,05; \*\*P < 0,01; \*\*\*P < 0,0001; <sup>NS</sup>P > 0,05.

Fica evidenciado que a cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada são alternativas para compor dietas para bovinos em confinamento com intuito de reduzir custos, já que como verificado neste estudo estes volumosos contribuem com menos de 1% do custo total, enquanto que, volumosos tradicionais como a silagem de milho podem atingir

valores acima de 9% (PACHECO et al., 2006; RESTLE et al., 2007; MISSIO et al., 2009). Contudo, a utilização da cana-de-açúcar hidrolisada na alimentação de novilhas de corte parece apresentar resultados variáveis, sendo necessários novos estudos que determinem a categoria e as condições de alimentação que favoreçam melhores resultados, tanto biológicos como econômicos.

### **Conclusões**

O fornecimento de dietas com aproximadamente 60% de cana-de-açúcar com adição de 0,5% de cal hidratada, armazenada até 72 horas, reduz o consumo e desempenho de novilhas jovens da raça Nelore, porém favorece a lucratividade do sistema de confinamento devido diminuição dos custos de produção.

### **CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS DA FORRAGEM E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE NOVILHAS JOVENS DA RAÇA NELORE ALIMENTADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA**

**RESUMO** - O presente estudo teve por objetivo avaliar as características nutritivas da forragem e o comportamento ingestivo de novilhas jovens da raça Nelore alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de armazenamento. Foram utilizadas 24 novilhas, com idade e peso corporal médio inicial de  $9 \pm 1$  meses e  $119,64 \pm 8,12$  kg, respectivamente. Os animais foram distribuídos inteiramente ao acaso (seis repetições) nos tratamentos compostos por dietas formuladas com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero), cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal hidratada armazenada por 24, 48 ou 72 horas. O armazenamento da cana-de-açúcar com cal hidratada até 72 horas proporcionou aumento linear ( $Y = 37,488 + 0,1044x$ ) da fração potencialmente degradável dos carboidratos da parede celular. A digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido apresentou variação quadrática ( $Y = 14,95 + 0,502x - 0,00645x^2$ ) em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada. O tempo destinado a ingestão de água não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelas dietas. Novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada permaneceram mais tempo ( $P < 0,05$ ) em ócio em relação aquelas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*. O armazenamento da cana-de-açúcar adicionada de 0,5% de cal hidratada até 72 horas altera negativamente o comportamento ingestivo de novilhas jovens da raça Nelore, prejudicando o consumo de matéria seca.

**Palavras-Chave:** cal hidratada, carboidratos não estruturais, ócio, ruminação

### CHAPTER 3 – FORAGE CHARACTERISTICS AND INGESTIVE BEHAVIOR OF YOUNG NELLORE HEIFERS FED WITH HYDROLYSED SUGARCANE

**ABSTRACT** - This study aimed to evaluate the nutritional characteristics of forage and ingestive behavior of young Nellore heifers fed with hydrolyzed sugarcane at different storage times. Were used twenty four heifers, age and initial body weight of  $9 \pm 1$  months and  $119.64 \pm 8.12$  kilograms, respectively. The animals were randomly distributed (six replications) in treatments formed by diets containing of fresh sugarcane (time zero) and hydrolyzed sugarcane with .5% of hydrated lime stored for 24, 48 or 72 hours. The storage of sugarcane with hydrated lime by 72 hours increased linearly ( $Y = 37.488 + .1044x$ ) of the potentially degradable cell wall carbohydrate. The *in vitro* digestibility of acid detergent fiber showed quadratic variation ( $Y = 14.95 + .502x - .00645x^2$ ) with the storage time hydrolyzed sugarcane. The time given to water intake was not influenced ( $P > .05$ ) by different diets. Heifers fed with hydrolyzed sugarcane spent more time ( $P < .05$ ) in idle compared to those fed with fresh sugarcane. Storage of sugarcane with .5% hydrated lime up to 72 hours negatively influences the ingestive behavior of young Nellore heifers, decreasing the dry matter intake.

**Keywords:** idle, hydrated lime, non structural carbohydrate, rumination

## Introdução

A intensificação de estudos com a hidrólise da cana-de-açúcar com cales microprocessadas é relativamente recente (ANUALPEC, 2009) e tem sido associada à melhora no valor nutritivo da forragem, devido a mudanças benéficas na composição química e digestibilidade da fração fibrosa (OLIVEIRA et al., 2007; PIRES et al., 2010). A ação dos agentes alcalinos ocorre na fração fibrosa dos volumosos promovendo ruptura das pontes de hidrogênio, levando à expansão das moléculas de celulose e solubilização da hemicelulose em função do rompimento de ligações do tipo ésteres com a lignina, tornando estas frações mais susceptíveis à ação de enzimas celulolíticas (REIS et al., 1993; VAN SOEST, 1994; NEIVA et al., 1998). Ocorre ainda, aumento na disponibilidade de nutrientes, através da quebra das ligações entre lignina e os carboidratos da parede celular e/ou hidrólise de polissacarídeos da parede celular, resultando na liberação de açúcares solúveis (VAN SOEST, 1994).

No entanto, pouco se sabe sobre os efeitos da adição da cal à cana-de-açúcar e seu respectivo armazenamento sobre o comportamento ingestivo dos animais. O comportamento ingestivo de ruminantes, neste sentido, é caracterizado pela distribuição desuniforme de uma sucessão de períodos definidos e discretos de atividades, classificadas como ingestão, ruminação e ócio (PENNING et al., 1991). Dentre elas, a ingestão de alimentos é uma das funções mais importantes dos seres vivos, inclusive dos ruminantes, que respondem diferentemente a vários tipos de alimentos e dietas, alterando os níveis de produção e comportamento alimentar (PIRES et al., 2001).

Os ruminantes, como outras espécies, procuram ajustar o consumo de alimentos às suas necessidades nutricionais, especialmente de energia (ARNOLD, 1985). Animais estabulados gastam em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia, ou até mais de seis horas, para fontes com baixo teor de energia (VAN SOEST, 1994). O aumento no consumo de alimentos volumosos altera o tempo gasto em ruminação, já que esta característica é influenciada pela natureza da dieta, e é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos (VAN SOEST, 1994). Contudo, este estudo objetivou avaliar as características nutritivas da forragem e o comportamento ingestivo de

novilhas jovens da raça Nelore alimentadas com dietas com de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada com cal hidratada em diferentes tempos de armazenamento.

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado no período compreendido entre 06/09 e 15/12/2008, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal a 21°14'05" de latitude Sul e 48°17'09" de longitude Oeste, com altitude de 613,98 m. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é o tipo Awa, com verões quentes e inverno seco. Os dados climáticos do período experimental são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias para temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa do ar (UR) e precipitação.

Meses	Tmax, °C	Tmin, °C	Tmed, °C	UR, %	Precipitação, mm
Setembro	30,20	14,90	21,80	59,60	15,10
Outubro	31,60	19,20	24,60	68,30	60,50
Novembro	32,10	18,80	24,30	71,40	81,80
Dezembro	31,00	19,10	23,90	77,00	278,90
Média	31,22	18,00	23,65	67,08	109,08

Dados obtidos no Posto Meteorológico da FCAV-UNESP – Campus de Jaboticabal-SP, 2008.

Utilizaram-se 24 novilhas da raça Nelore, contemporâneas, desmamadas aos sete meses de idade. Após desmame estas permaneceram em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com suplementação mineral, apresentando ao início do experimento  $9 \pm 1$  meses e  $119,64 \pm 8,12$  kg de peso corporal. As novilhas foram confinadas individualmente em baias ( $14 \text{ m}^2$ ) parcialmente cobertas, com piso de concreto, equipadas com bebedouros e comedouros individualizados. Antecedendo o período experimental as novilhas foram distribuídas inteiramente ao acaso (seis repetições) nos tratamentos compostos pelas dietas (Tabela 2), sendo previamente, ao início do experimento, adaptadas por 17 dias às instalações, dietas e iluminação artificial para o período noturno.

Tabela 2. Composição das dietas após determinação da matéria seca dos alimentos.

% da matéria seca	Tratamentos (dietas)			
	CI	CH24	CH48	CH72
Cana-de-açúcar	61,00	61,00	62,00	63,00
Grão de milho moído fino	17,32	17,32	16,87	16,43
Farelo de soja	21,12	21,12	20,58	20,04
Núcleo mineral <sup>1</sup>	1,79	1,79	1,74	1,70
Calcário calcítico	0,39	0,39	0,38	0,37
Uréia pecuária	0,32	0,32	0,31	0,30

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente. <sup>1</sup>Níveis de garantia do fabricante: P= 40 g, Ca= 146 g, Na= 56 g, S= 40 g, Mg= 20 g, Cu= 350 mg, Zn= 1300 mg, Mn= 900 mg, Ferro= 1050 mg, Co= 10 mg, I= 24 mg, Se= 10 mg, F (max.) 400 mg, veículo q.s.q 1000g.

O volumoso utilizado foi a cana-de-açúcar proveniente do Setor de Bovinocultura de Leite da UNESP/Jaboticabal, cultivar IAC 86-2480, submetida em 20/12/2007 a adubação de cobertura (400 kg de nitrogênio/ha) e controle de invasoras. Na época do experimento, a cana-de-açúcar apresentava 10 - 12 meses de idade (3º corte), sendo cortada com auxílio de forrageira acoplada a trator, regulada para obtenção de partículas de 8 a 10 mm. Depois de picada, a cana-de-açúcar para hidrólise, foi espalhada em camadas de  $\pm 20$  cm sobre piso de concreto em galpão coberto e adicionou-se a suspensão de cal hidratada (composição parcial: MgO = 1,5%, CaO total = 72,5%, (Ca(OH)<sub>2</sub> = 95,5%) na proporção de 0,5 kg de cal em 2 litros de água para 100 kg de cana-de-açúcar picada. Após homogeneização da suspensão de cal com a cana-de-açúcar picada, foi realizado o amontoamento do material ( $\pm 500$  kg e  $\pm 80$  cm de altura), de modo que, do mesmo amontoado foi obtida a cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 ou 72 horas. Para a dieta composta por cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero), a forragem foi fornecida imediatamente após picagem.

O concentrado foi constituído de grão de milho moído fino, farelo de soja, calcário calcítico, uréia pecuária e núcleo mineral. As dietas foram balanceadas para ganho de peso corporal de 750 g/dia, estimando-se consumo de 2,4 kg de matéria seca/100 kg de peso corporal segundo NRC (1996). As dietas foram formuladas para apresentar 60% de volumoso e para serem isonitrogenadas (14% de proteína bruta). O consumo de alimento foi registrado diariamente, pela pesagem do oferecido (volumoso

e concentrado) e das sobras, sendo a oferta mantida em 10% acima do consumo voluntário e fornecida em duas refeições diárias (08 e 14 horas) com a mistura do volumoso e concentrado no cocho.

Amostras de alimentos e sobras foram coletadas semanalmente, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$ . Ao término do experimento, foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada à  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 horas. Após foram moídas em moinho tipo Willey, com peneiras com crivos de 1 mm, armazenadas em potes plásticos para posteriores análises químicas (Tabelas 3 e 4).

Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) foram obtidos segundo AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizados segundo VAN SOEST et al. (1991). Os carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados segundo SNIFFEN et al. (1992), onde:  $\text{CT} = 100 - \text{PB} - \text{EE} - \text{MM}$  e  $\text{CNF} = 100 - \text{FDNcp} - \text{PB} - \text{EE} - \text{MM}$ . O teor de nutrientes digestíveis totais foi estimado segundo WEISS (1993).

Tabela 3. Composição química dos volumosos e ingredientes do concentrado.

% da matéria seca	Ingredientes						
	Cana	C24	C48	C72	GM	FS	Uréia
Matéria seca, %	25,97	25,67	27,38	28,33	85,00	87,31	99
Matéria mineral	3,73	5,84	5,88	5,94	1,16	5,71	--
Proteína bruta	3,59	3,85	3,67	3,57	8,44	48,24	281
Extrato etéreo	1,22	1,27	1,29	1,31	4,18	2,10	--
Fibra em detergente neutro	53,43	55,08	54,89	57,47	17,85	18,43	--
FDNcp	50,56	51,14	50,50	54,59	14,83	16,52	--
Fibra em detergente ácido	32,4	34,3	33,2	35,1	5,11	13,00	--
N insolúvel em detergente neutro	0,16	0,18	0,18	0,19	0,02	0,07	--
N insolúvel em detergente ácido	1,43	1,58	1,54	1,61	0,40	0,16	--
Lignina	7,23	5,97	5,54	5,92	0,06	4,49	--
Carboidratos não fibrosos	36,3	31,95	33,02	29,83	58,37	20,06	--
Carboidratos totais	91,46	89,04	89,16	89,18	86,22	38,49	--
Amido	12,36	11,67	7,22	12,03	86,59	8,40	--
Nutrientes digestíveis totais	58,24	58,39	59,07	57,64	83,19	69,96	--

Cana = cana-de-açúcar *in natura*; C24, C48 e C72 = cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente. GM = grão de milho moído fino; FS = farelo de soja; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; N = nitrogênio.

Tabela 4. Composição química das dietas.

% da matéria seca	Tratamentos (dietas)			
	CI	CH24	CH48	CH72
Matéria seca, %	51,50	51,32	51,71	51,68
Matéria mineral	5,86	7,15	7,14	7,15
Proteína bruta	14,74	14,90	14,50	14,15
Extrato etéreo	1,91	1,94	1,94	1,93
Fibra em detergente neutro	41,31	42,31	42,52	44,48
FDNcp	36,90	37,26	37,51	40,15
Fibra em detergente ácido	23,39	24,55	24,12	25,56
N insolúvel em detergente neutro	0,12	0,13	0,13	0,14
N insolúvel em detergente ácido	0,98	1,07	1,06	1,11
Lignina	5,32	4,55	4,32	4,59
Carboidratos não fibrosos	36,49	33,84	34,45	32,40
Carboidratos totais	78,85	77,38	77,75	78,06
Amido	24,31	23,89	20,82	23,49
Nutrientes digestíveis totais	64,71	64,80	65,06	64,00

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; N = nitrogênio.

As frações dos carboidratos foram obtidas utilizando-se as equações de SNIFFEN et al. (1992), onde: Fração C (%CT) =  $100 * [FDNcp (\%MS) * 0,01 * lignina (\%FDNcp) * 2,4] / CT$ , em que CT (% da MS) =  $100 - PB (\%MS) - EE (\%MS) - MM (\%MS)$ ; Fração B2 (%CT) =  $100 * [FDNc (\%MS) - PIDN (\%PB) * 0,01 * PB (\%MS) - FDNcp (\%MS) * 0,01 * lignina (\%FDNcp) * 2,4] / CT$ , em que FDNc é fibra em detergente neutro isenta de cinzas; Fração B1 (%CT) =  $amido (\%CNE) * [100 - B2 (\%CT) - C (\%CT)] / 100$ , em que CNE, % da MS =  $100 - MM (\%MS) - EE (\%MS) - PB (\%MS) - FDNcp (\%MS)$ ; Fração A (%CT) =  $[100 - amido (\%CNE)] * [100 - B2 (\%CT) - C (\%CT)] / 100$ . Para determinação do amido, utilizou-se a metodologia de HENDRIX (1993) para a extração, e ácido dinitrosalicínico (DAS) para leitura colorimétrica (MILLER, 1959).

A temperatura interna dos amontoados em cada período foi medida em três diferentes pontos de cada amontoado, antes da alimentação da manhã, através de termômetro de infravermelho equipado com haste de metal. A temperatura da cana-de-açúcar *in natura* foi medida após sua picagem e a temperatura da dieta foi realizada imediatamente após o fornecimento da alimentação da manhã.

A coleta de dados referentes ao comportamento ingestivo ocorreu durante o período de confinamento dos animais, totalizando seis dias, de forma que em cada período experimental, foram realizados dois dias consecutivos (48 horas) de avaliação visual, pelo método de varredura instantânea, proposta por MARTIN & BATESON (1986), em intervalos de dez minutos. As variáveis comportamentais observadas e registradas foram o tempo destinado ao consumo de alimento e água, tempo de ruminção deitado e em pé e tempo de ócio deitado e em pé. Foi registrado também o número de mastigação/bolo e o tempo de mastigação/bolo ruminal, através da contagem visual e cronômetro digital, respectivamente.

A partir de variáveis de consumo e do comportamento ingestivo calculou-se as seguintes relações segundo POLLI et al. (1996) e BURGER et al. (2000): eficiência de alimentação (consumo de matéria seca/tempo de alimentação); eficiência de ruminção da matéria seca (consumo de matéria seca/ruminção total); eficiência de ruminção da fibra em detergente neutro (FDN) (consumo de FDN/ruminção total); tempo de mastigação/dia (tempo de alimentação + ruminção total); bolos mastigados/dia (ruminção total/tempo de mastigação/bolo); mastigadas/dia (mastigadas/bolo\*bolos mastigados/dia); ruminção total (tempo de ruminção em pé + tempo de ruminção deitado) e ócio total (tempo de ócio em pé + tempo de ócio deitado).

No ensaio de digestibilidade *in vitro* foi utilizada metodologia do fermentador ruminal Daisy II (ANKON®), descrita por HOLDEN (1999). Para colheita de líquido ruminal utilizou-se dois bovinos da raça Nelore doadores de conteúdo ruminal, pesando 450 kg  $\pm$  30 kg. A alimentação foi à vontade, com água e dieta composta por 60% de volumoso, dos quais 30% foram de cana-de-açúcar *in natura* e 30% de cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal hidratada armazenada por 24 horas. A fração concentrada correspondeu à mesma citada para alimentação das novilhas no confinamento.

A coleta de conteúdo ruminal foi realizada após 15 dias de adaptação do animal à dieta e antes da primeira refeição do dia. O conteúdo ruminal foi submetido à filtragem em tecido de algodão, através de pressão manual. O líquido obtido foi utilizado para inoculação de 0,5 g de amostra em saquinhos de náilon (F57 - ANKOM®) nos jarros do fermentador ruminal DAISY II (ANKON®). Nos jarros, juntamente com os saquinhos

contendo amostras, foi adicionada saliva artificial (solução tampão A, em gramas/litro = 10g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 0,5g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0,5g de NaCl; 0,1g de  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  e 0,5g de Uréia) e solução tampão B ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 15$  e  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 1,0$  g/L). Para manutenção da anaerobiose foi injetado  $\text{CO}_2$  nos jarros no momento da incubação, após 48 horas adicionou-se 8 g de pepsina e 40 mL de ácido clorídrico durante 24 horas, totalizando 72 horas de incubação. Ao final, os saquinhos foram retirados dos jarros e lavados com água fria até obter-se água cristalina, e encaminhados para secagem em estufa de ar forçado a  $55^\circ\text{C}$  até atingirem peso constante. A digestibilidade foi determinada a partir do quociente entre a quantidade de amostra incubada e recuperada após incubação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos (dietas), seis repetições (animais) e três períodos (medidas repetidas no tempo) para o comportamento ingestivo e temperatura das dietas. Para o fracionamento de carboidratos e digestibilidade *in vitro* foram utilizados quatro repetições e para temperatura interna dos amontoados três repetições por período. Os dados foram submetidos à análise de normalidade e quando necessário foram ajustadas através do  $\log^2$ . Depois de satisfeitas as pressuposições de normalidade e homogeneidade de variâncias, os dados foram submetidos à análise de variância, regressão polinomial, contrastes ortogonais e correlação de *Pearson*. O valor do coeficiente de determinação foi calculado a partir da soma de quadrados da regressão considerada significativa dividida pela soma de quadrados total recalculado [soma de quadrados da regressão + soma de quadrados do erro da análise de variância (erro puro)].

Para as análises utilizou-se o programa estatístico SAS v. 8.02 (2001), adotando-se 5% como nível de significância. O modelo matemático geral foi representado por:  $\gamma_{ijkl} = \mu + \tau_i + \xi_j(\tau_i) + \alpha_k + (\tau\alpha)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$ , onde:  $\gamma_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\tau_i$  = efeito de tratamento;  $\xi_j(\tau_i)$  = efeito da repetição dentro de tratamento;  $\alpha_k$  = efeito de período;  $(\tau_i \cdot \alpha_k)$  = interação entre tratamento e período;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental residual. No estudo de regressão, o modelo utilizado foi:  $\gamma_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $\gamma_{ij}$  = variáveis dependentes;  $\beta$ 's = coeficientes de regressão;  $X_i$  = variáveis independentes;  $\alpha_j$  = desvios da regressão; e  $\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório residual.

## Resultados e Discussão

Foi verificado que não ocorreu interação ( $P > 0,05$ ) entre tratamentos e períodos para as variáveis estudadas. A temperatura interna dos amontoados ajustou-se à equação de regressão quadrática ( $P < 0,05$ ) em função do tempo de armazenamento, com máxima temperatura nos amontoados após 48 horas da adição da cal (Figura 1).

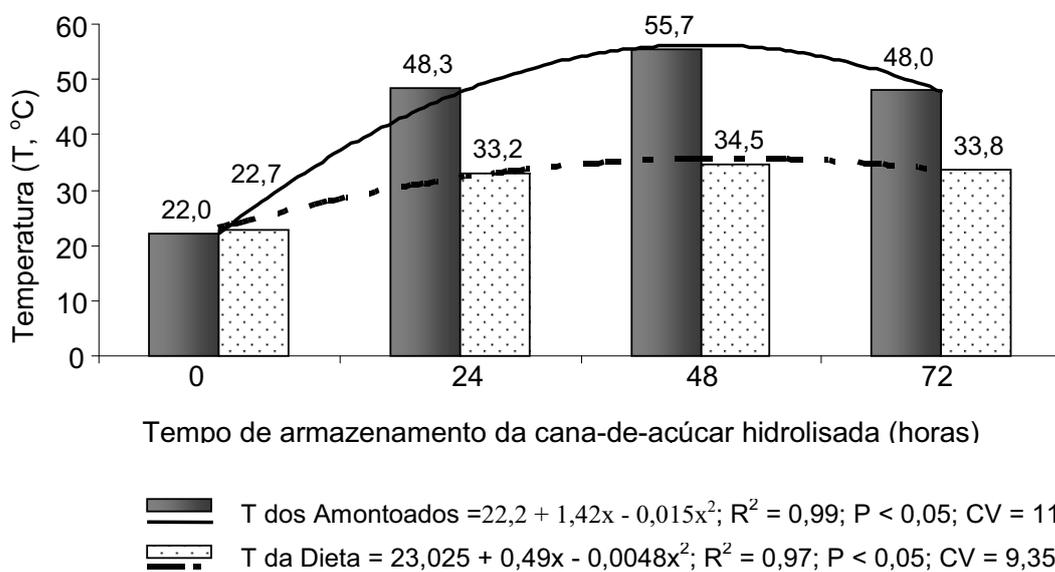


Figura 1. Temperatura dos amontoados e dietas após o fornecimento de acordo com o tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada.

A temperatura interna dos amontoados, no presente estudo, pode ser resultado das condições ambientais durante o experimento, como temperatura, umidade relativa do ar (Tabela 1), ação do vento e tamanho dos amontoados (aproximadamente 500 kg). As causas que levam ao aumento da temperatura nos amontoados de cana hidrolisada ainda não são bem entendidas, fato que deve ser investigado em estudos futuros. Acredita-se que em amontoados maiores a camada superficial de cana-de-açúcar pode atuar como isolante dos fatores ambientais supracitados, proporcionando menores perdas de umidade e de calor da forragem situada mais internamente. Esse fato pode estar proporcionando condições anaeróbicas na parte mais interna dos

amontoados, mantendo condições favoráveis para fermentação do material por microrganismos anaeróbios, auxiliando na manutenção de temperaturas elevadas. Por outro lado, em função da presença de oxigênio na parte externa dos amontoados, grande parte da atividade microbiana pode ser representada por microrganismos aeróbicos como fungos e leveduras, os quais obtêm energia através de reações oxidativas com concomitante produção de calor, embora o crescimento da população de leveduras seja controlada pela adição da cal, como verificado por DOMINGUES (2009). Além disso, a temperatura inicial da cana hidrolisada pode ser aumentada pela adição da suspensão de cal com água, devido liberação de calor no momento da mistura da cal com a água (reação exotérmica). DOMINGUES (2009) avaliou diferentes doses de cal virgem (0; 0,5; 1; 1,5 e 2%) e períodos de armazenamento da cana-de-açúcar (0, 24, 48; 72 e 96 horas) e verificou temperatura máxima de 41,3°C após 56 horas da adição de 0,5% de cal, após esse período houve diminuição, com tendência de estabilização da temperatura entre 25 e 30°C. As diferenças entre os resultados deste estudo para o supracitado podem estar relacionadas ao tamanho dos amontoados, uma vez que a temperatura máxima, no estudo de DOMINGUES (2009), foi medida em amostras de 2 kg acondicionadas em câmara climatizada a 25°C para avaliação da estabilidade aeróbica.

A temperatura da dieta imediatamente após o fornecimento aos animais manifestou variação quadrática ( $P < 0,05$ ), com ponto de máxima para dieta com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 48 horas, refletindo a temperatura interna dos amontoados (Figura 1). Segundo MORAES et al. (2008) a alta temperatura da cana-de-açúcar tratada com cal virgem, quando comparada à *in natura*, contribuiu para menor consumo de nutrientes em novilhas. A justificativa supracitada não pode ser considerada neste estudo, uma vez que, após o manuseio de pesagem da forragem e da mistura com o concentrado no cocho, as dietas com cana-de-açúcar hidrolisada apresentaram redução média da temperatura de 67,03%. Ressalta-se que não foi verificada alteração visual relacionado à rejeição da dieta pelos animais imediatamente após fornecimento. Cabe destacar que a temperatura da dieta no cocho, pelo menos

inicialmente, tende a aproximar-se rapidamente da temperatura ambiente, fato beneficiado pela manipulação dos alimentos e consumo dos animais.

Quanto ao fracionamento de carboidratos, verificou-se que a fração A representada pelos carboidratos solúveis em água, principalmente glicose e sacarose e a fração B1 composta por amido e pectina, rapidamente fermentados pelas bactérias ruminais (SNIFFEN et al., 1992), não foram alteradas ( $P > 0,05$ ) pelo armazenamento da cana-de-açúcar com adição de 0,5% de cal hidratada (Tabela 5). Estes resultados não eram esperados, pois se esperava diminuição significativa dos carboidratos solúveis nos amontoados ao longo do tempo de armazenamento da cana hidrolisada devido sua utilização pelos microrganismos (leveduras e fungos) presentes nos amontoados. Esses resultados podem estar indicando que a inclusão de cal à cana-de-açúcar foi eficiente no controle de microrganismos aeróbicos nos amontoados. Tal fato concorda com os resultados obtidos por DOMINGUES (2009), o qual verificou que a adição de cal virgem foi capaz de aumentar a estabilidade aeróbia e controlar o desenvolvimento de microrganismos (leveduras principalmente) nos amontoados de cana hidrolisada. Cabe destacar que a adição de cal à cana não determina a extinção dos microrganismos nos amontoados, mas sim a redução da carga microbiana nesse material em relação a amontoados de cana armazenada sem adição de cal, diminuindo a utilização dos carboidratos da fração A.

Tabela 5. Médias para as frações dos carboidratos da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada armazenada por diferentes períodos.

Frações, % CT	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	Cana	C24	C48	C72			L	Q	C
A	30,56	28,68	30,64	24,50	8,63	--	NS	NS	NS
B1	13,77	13,21	12,13	13,63	6,56	--	NS	NS	NS
B2	38,24	39,30	41,37	45,88	9,90	0,50	**	NS	NS
C	17,43	18,81	15,87	15,98	23,27	--	NS	NS	NS

Cana = cana-de-açúcar *in natura*; C24, C48 e C72 = cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; CT = carboidratos totais; A = carboidratos solúveis em água; B1 = carboidratos rapidamente fermentados pelas bactérias ruminais; B2 = porção digerível da parede celular; C = porção indigestível dos carboidratos; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \*\*P < 0,001; <sup>NS</sup>P > 0,05; B1 = 39,59853 + 0,10805x.

A fração B2 é representada pela porção digerível da parede celular (hemicelulose e celulose), com taxa de degradação mais lenta em comparação à fração B1 (SNIFFEN et al., 1992). No presente estudo, esta fração aumentou linearmente ( $P < 0,05$ ) com a elevação do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada. A fração C dos carboidratos, por sua vez, não foi alterada ( $P > 0,05$ ) pelo armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada. Segundo SNIFFEN et al. (1992) a fração C representa a porção indigestível dos carboidratos no trato gastrointestinal dos animais, sendo obtida a partir do teor de lignina do alimento, o qual, segundo KLOPFENSTEIN (1978) não é alterado significativamente pelo processo de hidrólise.

A estimativa da digestibilidade é uma forma de se obter o valor nutritivo de determinado alimento e sua capacidade em permitir ao animal o uso de nutrientes, em maior ou menor escala (LEÃO et al., 2005). Neste estudo, a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e fibra em detergente neutro não foram alteradas ( $P > 0,05$ ) pelo armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada (Figura 3).

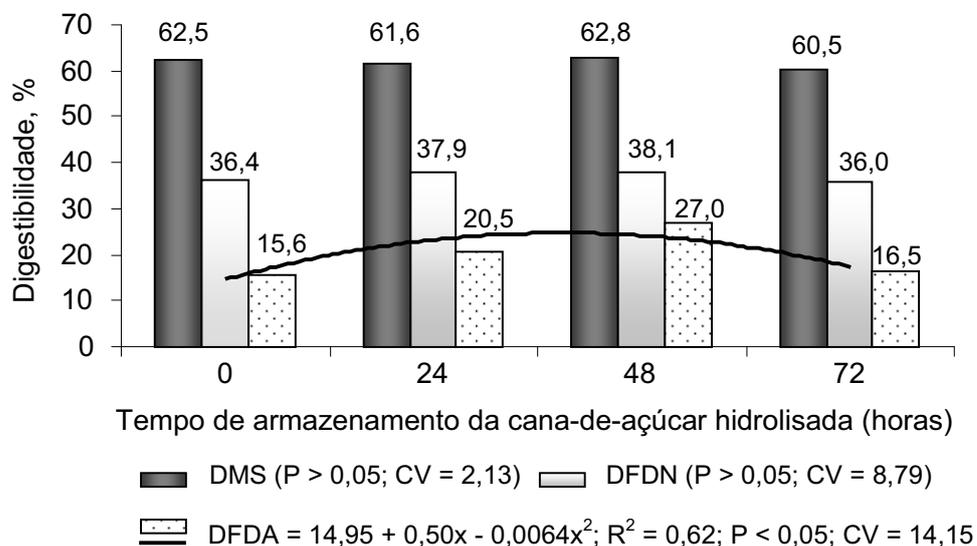


Figura 3. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DMS), fibra em detergente neutro (DFDN) e fibra em detergente ácido (DFDA) da cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de armazenamento.

Os resultados para digestibilidade *in vitro* da matéria seca e fibra em detergente neutro do presente estudo estão de acordo aos encontrados por DOMINGUES (2009), que avaliando a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal virgem em diferentes tempos de armazenamento (0, 24, 48, 72 e 96 horas) não verificou alteração para as mesmas variáveis. Da mesma forma, MOTA (2008) não observou influência do tempo de armazenamento (12, 36 e 60 horas) da cana-de-açúcar hidrolisada sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e fibra em detergente neutro. No entanto, no que se refere à digestibilidade *in vitro*, a maioria dos trabalhos tem demonstrado melhora na digestibilidade da cana-de-açúcar pela adição de cal, especialmente da digestibilidade *in vitro* da matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido (OLIVEIRA et al., 2007; PIRES et al., 2010; DIAS, 2009).

A digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido, no presente estudo, foi influenciada quadraticamente ( $P < 0,05$ ) pelo armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, com ponto de máxima 48 horas após adição da cal (Figura 3). Os agentes alcalinizantes atuam solubilizando parcialmente a 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), confere cristalinidade à celulose, aumentando a digestão desta fração da fibra. De forma geral, os valores referentes à digestibilidade *in vitro* da matéria seca e dos componentes da fibra da cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada do presente estudo estão próximos aos encontrados na literatura (OLIVEIRA et al., 2007; MOTA, 2008 e DOMINGUES, 2009).

Outro aspecto importante sobre a digestibilidade dos alimentos está associado ao consumo de matéria seca. Em situações de alimentação com dietas de baixa qualidade (alta fibra) o consumo é limitado pelo enchimento ruminal (VAN SOEST, 1994), onde o aumento da digestibilidade proporciona menor retenção ruminal da fibra e aumento do consumo de alimento (OBA & ALLEN, 1999). Por outro lado, em situações em que o enchimento ruminal não é limitante, o aumento da digestibilidade influencia negativamente o consumo, devido maior liberação de energia por quilograma de matéria seca de alimento fermentado, promovendo a saciedade (controle quimiostático).

No presente estudo, tais aspectos não foram observados, uma vez que não foi verificada correlação significativa entre a digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar com o consumo de matéria seca (Tabela 6), exceto para a digestibilidade da fibra em detergente ácido ( $r = - 0,79$ ).

Quanto às atividades do comportamento ingestivo, observou-se que o tempo de alimentação e ingestão de água, em horas e porcentagem diária do tempo, não se ajustaram ( $P > 0,05$ ) aos modelos de regressão testados. Todavia, quando efetuado análise de contrastes verificou-se que as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* permaneceram mais tempo ( $P < 0,05$ ) em alimentação que as demais (Tabela 6 e Figura 4).

Tabela 6. Médias para variáveis de consumo e comportamento ingestivo de novilhas da raça Nelore alimentadas em confinamento.

Itens	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
CMS, %PC	2,49	2,02	2,14	1,98	11,15	0,80	NS	NS	**
CFDN, %PC	0,91	0,70	0,75	0,70	14,13	0,76	NS	NS	**
TA, horas	4,53	3,92	3,90	3,86	18,37	--	NS	NS	NS
TIA, horas	0,18	0,18	0,23	0,18	61,19	--	NS	NS	NS
TOD, horas	7,88	7,28	7,53	7,65	25,58	0,54	NS	*	NS
TOP, horas	3,84	5,58	4,54	5,32	32,78	--	NS	NS	NS
TOT, horas	11,36	12,86	12,06	12,96	7,55	0,60	NS	NS	*
TRD, horas	6,96	5,10	6,28	5,18	18,07	0,56	NS	NS	*
TRP, horas	0,97	1,94	1,53	1,82	53,33	--	NS	NS	NS
TRT, horas	7,94	7,05	7,81	6,99	10,28	0,62	NS	NS	*

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; CMS = consumo de matéria seca ( $Y = 2,4 - 0,046x + 0,0014x^2 - 0,000011x^3$ ); CFDN = consumo de fibra em detergente neutro ( $Y = 0,85 - 0,022x + 0,0006x^2 - 0,000005x^3$ ); PC = peso corporal; TA = tempo de alimentação; TIA = tempo de ingestão de água; TOD = tempo de ócio deitado; TOP = tempo de ócio em pé; TRD = tempo de ruminação deitado; TRP = tempo de ruminação em pé; TRT = tempo de ruminação total; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,001$ ; <sup>NS</sup> $P > 0,05$ ; TOD =  $8,26 - 1,0045x + 0,00137x^2$ ; TOT =  $11,7 + 0,158x - 0,0061x^2 + 0,000057x^3$ ; TRD =  $7,045 - 0,26x + 0,009x^2 - 0,00008x^3$ ; TRT =  $33,102 - 0,665x + 0,026x^2 - 0,00025x^3$ .

Na média, as novilhas permaneceram 16,94 e 0,97% do tempo diário em alimentação e ingestão de água, respectivamente (Tabela 6 e Figura 4). DIAS (2009) avaliando a digestibilidade *in vivo*, consumo de alimento e comportamento ingestivo de

vacas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada com diferentes níveis de cal hidratada (0; 0,8; 1,6 e 2,4%) aplicada antes do fornecimento, não verificou alterações no tempo em que os animais permaneceram ingerindo alimento, no entanto, verificou resposta quadrática do consumo de matéria seca em função dos níveis de cal, fato associado à melhora na digestibilidade da dieta e eficiência de ruminação.

O tempo destinado à alimentação é a principal atividade responsável pela quantidade de alimento ingerido, no entanto, no presente estudo, não foi verificada correlação significativa do tempo de alimentação com o consumo de matéria seca e consumo de fibra em detergente neutro. De outra forma, verificou-se que o tempo de alimentação foi correlacionado significativamente (Tabela 8) com a frequência de alimentação ( $r = 0,76$ ) e eficiência de alimentação ( $r = 0,57$ ), indicando que o consumo de nutrientes foi associado à presença das novilhas no cocho e ao tempo de seleção de alimento. Estes resultados indicam ainda que o armazenamento da cana-de-açúcar adicionada de cal hidratada limitou o consumo, o que provavelmente esteve associado à aceitabilidade do volumoso pelos animais (mecanismo psicogênico de controle do consumo). Segundo MERTENS (1994) esse mecanismo envolve respostas do comportamento animal a fatores inibidores ou estimuladores do alimento (sabor, odor, textura, aparência visual) ou do ambiente (status emocional do animal, interação social e aprendizado) não relacionados à energia ou enchimento da dieta. Acredita-se ainda que restrições de consumo em dietas constituídas por cana-de-açúcar hidrolisada com cal possam estar associadas à aceitabilidade deste volumoso por bovinos jovens de raças zebuínas, já que tais restrições não foram observadas com novilhas ou vacas de raças leiteiras (CARVALHO, 2008; SFORCINI, 2008; TEIXEIRA JR, 2008) ou cruzadas de raças européias (DIAS, 2009; DOMINGUES, 2009; ALVES, 2010).

Outro aspecto importante a ser ressaltado é a falta de correlação significativa (Tabela 8) do tempo de alimentação com a digestibilidade *in vitro* e com as frações dos carboidratos da cana-de-açúcar, demonstrando que as mudanças na digestibilidade da fibra em detergente ácido e composição química da cana-de-açúcar hidrolisada não foram suficientes para incentivar as novilhas a permanecerem se alimentando. Segundo ALLEN (2000) o aumento da digestibilidade resulta em redução do pH ruminal, aumento

da osmolaridade, maior absorção de ácidos graxos voláteis, causando saciedade mais rápida ao animal. Esse fato, segundo o mesmo autor, pode acarretar menor tamanho de refeição, e conseqüentemente menor tempo de alimentação.

O tempo destinado ao ócio em pé não foi alterado ( $P > 0,05$ ) pelo tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada (Tabela 6). Já o tempo destinado ao ócio deitado apresentou ajuste à equação de regressão quadrática, com ponto de mínima para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 horas. O tempo de ócio total, expresso em horas e em porcentagem diária do tempo, apresentou variação cúbica ( $P < 0,05$ ) em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, com ponto de máxima para novilhas que consumiram dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas e mínima para aquelas que consumiram cana-de-açúcar *in natura* (Tabela 6 e Figura 4).

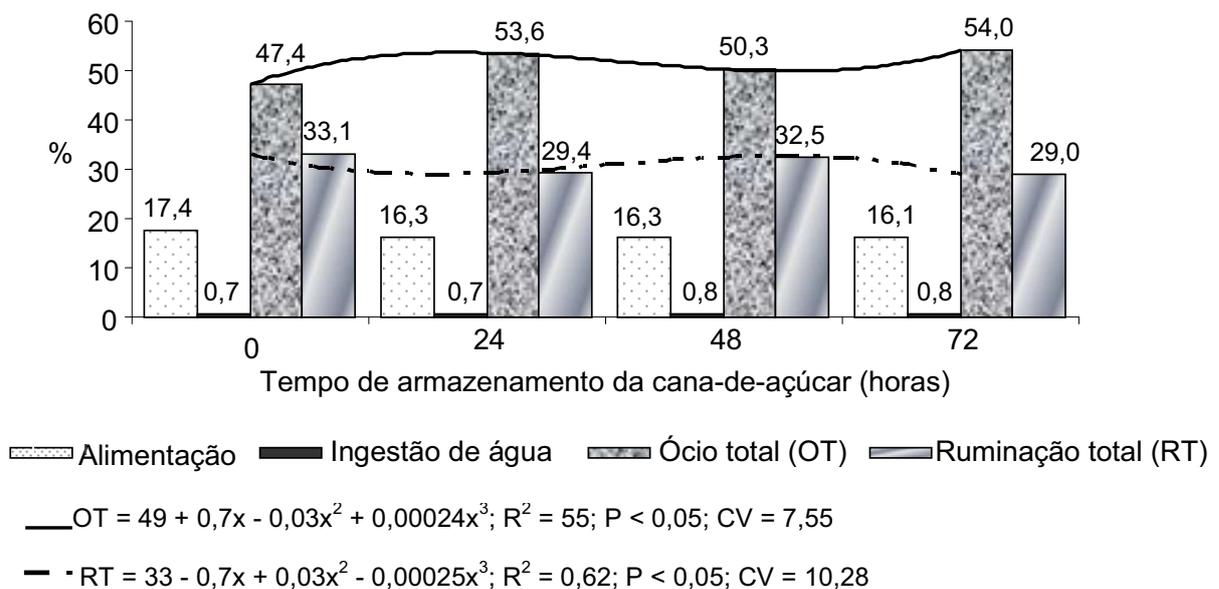


Figura 4. Percentual diário das atividades do comportamento ingestivo das novilhas de acordo com o tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada.

O tempo de ócio total foi significativamente correlacionado (Tabela 8) com o consumo de matéria seca ( $r = - 0,56$ ), consumo de fibra em detergente neutro ( $r = - 60$ ) e tempo de alimentação ( $r = - 0,44$ ). Em parte, essas correlações justificam o menor

consumo de alimento para as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada, já que estes animais disponibilizaram menos tempo para ingerir alimento e maior tempo para o ócio, além de terem sido menos eficientes ao se alimentar. Segundo HODGSON (1990) as atividades diárias dos animais são excludentes, onde o aumento da ruminação ou ócio implica na diminuição do tempo destinado à alimentação.

A atividade de ruminação pode ocorrer com o animal em pé ou deitado, sendo que a última posição demonstra condição de conforto e bem estar animal. Nesse sentido, verificou-se que o tempo disponibilizado para ruminação em pé não foi alterado ( $P > 0,05$ ) pelo tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada (Tabela 6). Já o tempo de ruminação deitado respondeu de forma cúbica ao tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, onde os maiores valores foram verificados para as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada armazenada por 48 horas, e os menores valores para aquelas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 e 72 horas.

O tempo de ruminação total, em horas e em percentagem diária do tempo, variou de forma cúbica ( $P < 0,05$ ) em função do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada, com ponto de máxima e mínima em dietas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada armazenada por 72 horas, respectivamente (Tabela 6 e Figura 4). Segundo VAN SOEST et al. (1991) o tempo de ruminação é influenciado pela natureza da dieta e é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos, o que não foi observado no presente estudo. O tempo de ruminação total foi correlacionado significativamente (Tabela 8) com o consumo de matéria seca ( $r = 0,55$ ), consumo de fibra em detergente neutro ( $r = 0,51$ ), eficiência de alimentação ( $r = 0,52$ ), digestibilidade da matéria seca ( $r = - 0,43$ ) e digestibilidade da fibra em detergente ácido ( $r = - 0,79$ ). Esses resultados indicam que o tempo destinado a ruminação foi resultado do consumo de alimento e digestibilidade da fibra, visto que, os animais que consumiram mais, disponibilizaram mais alimento para ruminação e permaneceram menos tempo em ócio ( $r = - 0,56$ ).

A frequência de alimentação e o número de refeições diárias não se ajustaram significativamente aos modelos de regressão testados (Tabela 7). Todavia, pela análise de contrastes, verificou-se que as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*

frequentaram mais ( $P < 0,05$ ) os comedouros, assim como apresentaram maior número de refeições que as novilhas dos demais tratamentos.

Tabela 7. Médias para variáveis do comportamento ingestivo de novilhas da raça Nelore alimentadas em confinamento com dietas com de cana-de-açúcar *in natura* ou hidrolisada.

Itens	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
FRE	12,61	10,72	9,78	10,11	20,32	--	NS	NS	NS
REF	5,88	3,82	4,89	5,67	28,96	--	NS	NS	NS
BM/dia	603,17	488,80	516,09	453,13	17,42	--	NS	NS	NS
M/bolo	50,00	52,20	53,59	54,47	13,47	--	NS	NS	NS
M/dia	2.9643,0	2.5221,0	2.7553,0	2.4469,0	15,34	0,55	NS	NS	*
TM/bolo, seg.	48,56	52,35	55,72	55,88	13,50	--	NS	NS	NS
TM/dia, horas	12,46	10,96	11,70	10,85	8,04	--	NS	NS	NS
EA (kg MS/h)	0,63	0,53	0,57	0,52	22,17	--	NS	NS	NS
ER (kg MS/h)	0,35	0,27	0,29	0,28	14,47	--	NS	NS	NS
ER (kg FDN/h)	0,12	0,08	0,09	0,10	15,70	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; FRE = freqüência de alimentação; REF = refeições diárias; BM/dia = bolos mastigados/dia; M/dia = mastigadas/dia; TM/bolo = tempo de mastigação/bolo; TM/dia = tempo de mastigação/dia; EA = eficiência de alimentação; ER = eficiência de ruminação; MS = matéria seca; FDN = fibra em detergente neutro; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \* $P < 0,05$ ; <sup>NS</sup> $P > 0,05$ ; M/dia =  $29,661 - 704,48x + 26,714x^2 - 0,252x^3$ .

A freqüência de alimentação foi correlacionada ( $P < 0,05$ ) com o número de refeições diárias ( $r = 0,54$ ), consumo de fibra em detergente neutro ( $r = 0,41$ ), eficiência de ruminação ( $r = 0,41$ ), tempo destinado de ócio ( $r = - 0,45$ ), indicando que a maior presença dos animais nos comedouros esteve indiretamente associada ao consumo de alimento. Entre a freqüência de alimentação e o número de refeições/dia, parece ter sido essa última variável mais importante na ingestão de alimento pelos animais, já que foi mais bem correlacionada com o consumo de matéria seca ( $r = 0,27$ ), consumo de fibra em detergente neutro ( $r = 50$ ) e eficiência de ruminação ( $r = 0,45$ ).

Por dia, normalmente, são ruminados de 360 a 790 bolos alimentares, com tamanho variando de 80 a 120 gramas (FURLAN, 2006). No presente estudo, o número de bolos mastigados/dia não se ajustou ( $P > 0,05$ ) aos modelos de regressão testados

(Tabela 7), permanecendo quantitativamente entre os valores supracitados. Da mesma forma, o tempo de mastigação/dia não apresentou ajuste ( $P > 0,05$ ) aos modelos de regressão, mas pela análise de contrastes, verificou-se superioridade ( $P < 0,05$ ) para estas variáveis em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* em relação aquelas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada. ALLEN (1997), revisando a literatura, relatou os resultados de 132 tratamentos, média de 32 experimentos para o tempo de mastigação/dia e mencionou valor médio de 11,13 horas/dia. No presente estudo, os tempos de mastigação/dia para as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada foram próximos ao valor mencionado pelo autor supracitado, já para as novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* o valor verificado foi superior.

Pela análise de regressão, não foi verificado ajuste ( $P > 0,05$ ) do número de mastigadas/bolo aos modelos testados, no entanto, pela análise de contrastes, verificou-se superioridade ( $P < 0,05$ ) desta variável nas dietas com cana-de-açúcar hidrolisada, o que pode ser reflexo da menor palatabilidade e aceitabilidade da cana-de-açúcar hidrolisada pela categoria animal utilizada no experimento (Tabela 7). DIAS (2009) verificou variação quadrática desta variável e da mastigação/bolo (seg/bolo) em função da elevação de doses de cal hidratada (0; 0,8; 1,6 e 2,4%) para hidrólise da cana-de-açúcar, demonstrando que a melhora na digestibilidade da cana hidrolisada facilita a mastigação. Cabe destacar, que os valores para esta variável são concordantes com a literatura, já que normalmente pode ocorrer de 40 a 70 movimentos mandibulares (mastigadas) durante a ruminação do bolo alimentar (FURLAN, 2006) e, em torno de 55 mastigadas/bolo para bovinos alimentados em confinamento com dietas com cana-de-açúcar, conforme estudo de POLLI et al. (1996).

O número de mastigadas/dia apresentou ajuste para equação de regressão cúbica, com ponto de máxima para dietas com cana-de-açúcar *in natura* e mínimo para dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas (Tabela 7). Esta variável foi correlacionada ( $P < 0,05$ ) com o consumo de matéria seca ( $r = 0,46$ ), consumo de fibra em detergente neutro ( $r = 0,42$ ) e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido ( $r = - 0,69$ ). Por um lado, tais correlações indicam que o aumento da digestibilidade da fibra facilita a mastigação, necessitando menor número de

mastigadas por unidade de alimento; por outro, refletem a necessidade de maior atividade de mastigação para maiores consumos de alimento.

As eficiências de alimentação e de ruminação são parâmetros relevantes no que tange às condições do rúmen, pois estão intrinsecamente relacionadas ao tipo de fermentação ruminal e ao tipo de alimento consumido (SILVA et al., 2006). A eficiência de alimentação e a eficiência de ruminação, nas formas como foram expressas, não se ajustaram aos modelos de regressão testados (Tabela 7). Quando realizada análise de contrastes, verificou-se que novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* foram mais eficientes, para ambas variáveis, em relação às alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada, justificando o maior consumo de matéria seca em dietas com cana-de-açúcar *in natura*. Tal fato ficou evidenciado pela correlação ( $P < 0,05$ ) existente entre a eficiência de alimentação e o consumo de matéria seca ( $r = 0,70$ ).

Tabela 8. Matriz de correlação das principais variáveis relacionadas com o comportamento ingestivo, consumo e características da forragem.

	A	B	Ócio	Rum	REF	FRE	EA	M/dia	ER	CMS	CFDN	DMS	DFDN	DFDA	CHOA	CHOB1	CHOB2
B	r	-0,29															
	P	**															
Ócio	r	-0,44	-0,16														
	P	***	NS														
Rum	r	-0,18	0,23	-0,74													
	P	NS	*	***													
REF	r	0,37	-0,12	-0,44	0,07												
	P	**	NS	***	NS												
FRE	r	0,76	-0,24	-0,45	-0,17	0,54											
	P	***	*	***	NS	***											
EA	r	0,57	0,03	0,02	0,52	-0,13	-0,36										
	P	***	NS	NS	***	NS	***										
M/dia	r	-0,01	0,03	-0,68	0,84	0,13	0,32	0,32									
	P	NS	NS	***	***	NS	**	**									
ER	r	0,14	-0,19	-0,28	0,16	0,45	0,41	0,32	0,05								
	P	NS	NS	**	NS	***	***	**	NS								
CMS	r	0,07	-0,07	-0,56	0,55	0,27	0,21	0,70	0,46	0,82							
	P	NS	NS	**	**	*	NS	***	***	***							
CFDN	r	0,03	-0,04	-0,60	0,51	0,50	0,41	0,61	0,42	0,88	0,89						
	P	NS	NS	**	*	*	*	***	***	***	***						
DMS	r	0,08	0,09	0,24	-0,43	-0,01	0,18	-0,30	-0,19	-0,01	0,18	-0,05					
	P	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS					
DFDN	r	0,14	0,14	0,06	0,01	0,15	0,03	0,02	0,17	0,11	0,11	0,09	0,31				
	P	NS	*	*													
DFDA	r	-0,09	-0,10	0,71	-0,79	-0,02	-0,27	-0,57	-0,69	-0,62	-0,79	-0,70	0,83	0,18			
	P	NS	NS	**	**	NS	NS	***	***	***	***	***	***	NS			
CHOA	r	-0,07	0,27	0,24	-0,22	0,08	0,26	0,31	0,51	0,52	0,54	-0,12	0,30	-0,84			
	P	NS	*	**	*	NS	NS	**									
CHOB1	r	0,27	-0,10	-0,20	0,14	0,07	0,03	0,19	0,13	0,40	0,29	0,04	-0,08	-0,07	-0,41		
	P	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS									
CHOB2	r	0,24	0,24	0,18	-0,20	-0,19	-0,12	-0,23	-0,37	-0,18	-0,14	-0,38	-0,30	0,37	-0,67	0,13	
	P	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	**	NS							
CHOC	r	-0,22	-0,25	0,26	-0,30	0,11	-0,20	-0,14	-0,20	-0,53	-0,47	-0,38	-0,02	0,64	-0,46	0,20	-0,34
	P	NS	*	NS													

A, B, Ócio e Ruminação = % do tempo diário em alimentação, ingestão de água, ócio e ruminação, respectivamente; REF = número de refeições; FRE = frequência ao comedouro; EA = eficiência de alimentação (kg MS/h); M/dia = mastigadas/dia; ER = eficiência de ruminação (kg MS/hora); CMS e CFDN = consumo de matéria seca e fibra em detergente neutro em função do peso corporal, respectivamente; DMS, DFDN e DFDA = digestibilidade *in vitro* da matéria seca, fibra em detergente neutro e ácido, respectivamente; CHOA, B1, B2 e C = fração A, B1, B2 e C dos carboidratos, respectivamente; r = coeficiente de correlação; P = probabilidade; NS = P > 0,05; \* = P < 0,05; \*\* = P < 0,01; \*\*\* = P < 0,0001.

## **Conclusões**

O armazenamento da cana-de-açúcar com adição de 0,5% de cal hidratada até 72 horas altera a composição química da cana-de-açúcar através do aumento da fração dos carboidratos potencialmente digestíveis da parede celular.

O fornecimento de dietas com aproximadamente 60% de cana-de-açúcar com adição de 0,5% de cal hidratada, armazenada até 72 horas, interfere nos padrões de ingestão, reduzindo o consumo de alimento em novilhas jovens da raça Nelore.

## **CAPÍTULO 4 – ASPECTOS DA DIGESTÃO E CONSUMO DE NUTRIENTES DE NOVILHAS ALIMENTADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR HIDROLISADA SUBMETIDA A DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO**

**RESUMO** - O presente estudo objetivou avaliar o consumo de nutrientes e os aspectos da digestão de novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada sob diferentes tempos de armazenamento. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 4x4, quatro tratamentos, quatro novilhas da raça Nelore e quatro períodos de 21 dias. As novilhas apresentaram ao início do experimento peso corporal de  $285,40 \pm 23,08$  kg e idade de 14 meses. As dietas foram constituídas por cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero) ou cana-de-açúcar hidrolisada com 0,5% de cal hidratada armazenada por 24, 48 ou 72 horas. O pH da cana-de-açúcar variou de forma quadrática em função do tempo de armazenamento, com ponto de máxima de 7,02 após 24 horas da adição da cal. O pH ruminal das novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada respondeu de forma independente ( $P > 0,05$ ) aos tempos de coleta de conteúdo ruminal. O nitrogênio amoniacal, o número total de protozoários ruminais, a eficiência de síntese microbiana, o balanço de nitrogênio, a digestibilidade e o consumo de nutrientes não foram alterados ( $P > 0,05$ ) pelas dietas. O fornecimento de dietas com aproximadamente 56% de cana-de-açúcar hidrolisada, armazenada até 72 horas, não altera a digestão ruminal a ponto de modificar a quantidade de alimento consumido por novilhas da raça Nelore com mais de 14 meses de idade.

**Palavras-Chave:** balanço de nitrogênio, cal hidratada, consumo de matéria seca, proteína microbiana, digestibilidade

## **CHAPTER 4 – ASPECTS OF DIGESTION AND NUTRIENTS INTAKE OF HEIFERS FED WITH HYDROLYZED SUGARCANE UNDER DIFFERENT STORAGE TIMES**

**ABSTRACT** - This study aimed to evaluate the nutrients intake and aspects of digestion of heifers fed hydrolyzed sugarcane under different storage times. The experiment was a 4x4 Latin square, four diets, four Nellore heifers and four periods of 21 days. The heifers at the beginning of the experiment body weight of  $285.40 \pm 23.08$  kg and age of 14 months. Diets were formulated with fresh sugarcane (time zero) or hydrolyzed sugarcane with .5% hydrated lime and stored for 24, 48 or 72 hours. The pH of sugarcane showed quadratic variation to function storage time, with maximum point of 7.02 after 24 hours the addition of lime. The ruminal pH of heifers food fresh sugarcane and hydrolyzed sugarcane answered independently ( $P > 0.05$ ) at time ruminal fluid collection. The ammonia nitrogen, the total number protozoa, the microbial protein synthesis, nitrogen balance, digestibility and nutrient intake were not affected ( $P > .05$ ) by diets. Feeding program with approximately 56% of hydrolyzed sugarcane, stored up to 72 hours, does not alter the ruminal digestion to the point change the amount of feed consumed by Nellore heifers with more than 14 months old age.

**Keywords:** digestibility, dry matter intake, hydrated lime, microbial protein, nitrogen balance

## Introdução

O uso da cal virgem ou hidratada como forma de melhorar o valor nutritivo da cana-de-açúcar tem sido pesquisado por diversos autores (OLIVEIRA et al., 2007, BALIEIRO NETO et al., 2007 e MORAES et al., 2008 a, b), baseado na premissa que estes produtos promovem alterações benéficas na fração fibrosa do volumoso, por meio da solubilização de componentes da parede celular como a hemicelulose, melhorando a digestibilidade da fibra. No entanto, a utilização destes produtos não tem visado somente melhorar o valor nutritivo da cana-de-açúcar, mas também conservar as características nutritivas do volumoso, com intuito de diminuir a frequência de cortes para o fornecimento aos animais (DOMINGUES, 2009 e SFORCINI, 2009).

A diminuição no número de cortes da cana-de-açúcar está associada à redução no custo operacional e de mão-de-obra, assim como melhorar a qualidade de vida em sistemas pecuários dependentes da cana-de-açúcar como único volumoso na época de restrição de pasto (época seca do ano). Apesar do número de estudos com cana-de-açúcar hidrolisada terem aumentado nos últimos anos (ANULAPEC, 2009), poucos são aqueles que avaliaram os efeitos do armazenamento da cana-de-açúcar adicionada de cales microprocessadas sobre as características da digestão em bovinos.

Teoricamente a utilização de agentes alcalinos, como as cales microprocessadas, no tratamento da cana-de-açúcar poderia promover elevações benéficas no pH ruminal de bovinos, proporcionando condições favoráveis para o crescimento de bactérias celulolíticas, melhorando a digestão ruminal deste alimento. Nesse sentido, DIAS (2009) verificou aumento do pH ruminal de vacas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar tratada com doses crescentes de cal, assim como, aumento da digestibilidade da matéria seca da cana-de-açúcar, embora não tenha mensurado variáveis relacionadas ao crescimento microbiano ruminal. No intuito de aumentar o conhecimento sobre o uso de cal no tratamento da cana-de-açúcar, o presente estudo objetivou avaliar o consumo de nutrientes e os aspectos da digestão das dietas com de cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por diferentes períodos em novilhas da raça Nelore alimentadas em confinamento.

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado entre 02/10 e 15/12/2009, no Setor de Digestibilidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, a 21°14'05" de latitude Sul e 48°17'09" de longitude Oeste, com altitude de 613,98 m. Segundo classificação de Köppen, o clima da região é o tipo Awa, com verões quentes e inverno seco. Os dados climáticos do período experimental são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Médias para temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin), temperatura média (Tmed), umidade relativa do ar (UR) e precipitação.

Meses	Tmax, °C	Tmin, °C	Tmed, °C	UR, %	Precipitação, mm
Setembro/2009	29,70	17,80	22,90	74,00	132,40
Outubro/2009	30,80	18,10	23,60	72,80	101,90
Novembro/2009	32,10	21,00	25,50	74,80	163,30
Dezembro/2009	29,80	20,50	24,10	81,80	383,70
Média	30,60	19,35	24,02	75,85	195,32

Dados obtidos no Posto Meteorológico da FCAV-UNESP – Campus de Jaboticabal-SP, 2009.

Foram utilizadas 4 novilhas da raça Nelore, contemporâneas, fistuladas no rúmen, com peso corporal e idade média inicial de 285,40 ± 23,08 kg e 14 meses, respectivamente, provenientes de manejo alimentar a base de cana-de-açúcar. As novilhas foram delineadas num quadrado latino, quatro animais, quatro dietas e quatro períodos de 21 dias, onde os 15 dias iniciais foram destinados a adaptação dos animais às instalações e dietas, e os seis dias restantes para coleta de dados, totalizando 84 dias. Os animais permaneceram em baias individuais com comedouro e bebedouros individualizados, alimentados com dietas formuladas com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero) ou hidrolisada em diferentes tempos de armazenamento (Tabela 2).

A cana-de-açúcar (IAC 86-2480) foi cortada manualmente com 10-12 meses (4º corte) e picada em picadeira estacionária da marca Menta®, proporcionando tamanhos de partículas de aproximadamente 8 - 10 mm. Depois de picada, a cana-de-açúcar para hidrólise, foi espalhada em camadas de ± 20 cm sobre piso de concreto em galpão coberto e adicionou-se a suspensão de cal hidratada (Composição parcial: MgO =

1,5%, CaO total = 72,5%, ( $\text{Ca(OH)}_2$  = 95,5%) na proporção de 0,5 kg de cal em 2 litros de água para 100 kg de cana-de-açúcar picada. Após homogeneização da suspensão de cal com a cana-de-açúcar picada, foi realizado amontoamento do material, de modo que, do mesmo amontoado ( $\pm 500$  kg e  $\pm 80$  cm de altura) foi obtida a cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 ou 72 horas. Para a dieta composta por cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero), a forragem foi fornecida imediatamente após picagem.

Tabela 2. Composição das dietas após determinação da matéria seca dos alimentos.

Alimentos (% da matéria seca)	Tratamentos (dietas)			
	CI	CH24	CH48	CH72
Cana-de-açúcar	56,12	55,69	56,29	56,33
Grão de milho moído fino	18,74	18,93	18,67	18,66
Farelo de soja	22,49	22,71	22,40	22,38
Núcleo mineral <sup>1</sup>	1,89	1,91	1,88	1,88
Calcário calcítico	0,42	0,42	0,41	0,41
Uréia pecuária	0,34	0,34	0,34	0,34

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas; <sup>1</sup>Níveis de garantia: P= 40 g, Ca= 146 g, Na= 56 g, S= 40 g, Mg= 20 g, Cu= 350 mg, Zn= 1300 mg, Mn= 900 mg, Ferro= 1050 mg, Co= 10 mg, I= 24 mg, Se= 10 mg, F (max.) 400 mg, veículo q.s.q 1000g.

O concentrado foi constituído de grão de milho moído fino, farelo de soja, calcário calcítico, uréia pecuária e núcleo mineral. Para a formulação das dietas considerou-se consumo de 2,4 kg de matéria seca/100 kg de peso corporal segundo NRC (1996). As dietas foram balanceadas para serem isonitrogenadas (14% de proteína bruta). O consumo foi registrado entre os dias 15 e 20 de cada período, pela pesagem do oferecido (volumoso e concentrado) e das sobras, sendo a oferta de alimentos mantida entre 10% acima do consumo voluntário e fornecida em duas refeições diárias (08 e 14 horas) com mistura do volumoso e concentrado no cocho.

Durante o experimento foram coletadas amostras dos alimentos e sobras entre os dias 15 e 20 de cada período. As amostras foram pré-secas em estufa de ar forçado a 55°C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey, em peneiras com crivos de 1 mm. Após foram armazenadas em embalagens plásticas para posteriores análises químicas (Tabela 3 e 4).

Os teores de matéria seca, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) foram determinados segundo a AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), FDN corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram determinadas segundo VAN SOEST et al. (1991). Os carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) foram obtidos pelas equações:  $CT = 100 - PB - EE - MM$  e  $CNF = 100 - FDNcp - PB - EE - MM$ , respectivamente (VAN SOEST et al., 1991).

Para determinação dos valores de nutrientes digestíveis totais (NDT), procederam-se os cálculos de acordo com Weiss (1993), onde:  $NDT = (PBDcp \times PB) + (EE \times 2,25) + [0,98 \times (100 - FDNn - PB - Cinzas - EE - 1)] + 0,75 \times \{(FDNn - Lig) \times [1 - (Lignina/FDNn)^{0,667}]\} - 7$ , em que: PBDcp representa a proteína bruta digestível verdadeira, sendo para forragem expressa como  $PBDcp = e - 0,012 \times PIDA$  e para concentrado igual a  $PBDcp = 1 - 0,004 \times PIDA$ ; FDNn corresponde a FDN ajustada para nitrogênio, determinada a partir da  $PIDN = - 8,77 + (0,33 \times PB) + (0,143 \times FDN)$ , onde: PIDN e PIDA = proteína insolúvel em detergente neutro e ácido, respectivamente (determinados a partir do resíduo da FDN e FDA, respectivamente).

Tabela 3. Composição química dos volumosos e ingredientes do concentrado.

% da matéria seca	Cana	C24	C48	C72	G. Milho	F. soja	Uréia
Matéria seca, %	24,03	25,06	25,97	26,80	90,89	91,99	99
Matéria mineral	2,95	5,25	5,70	5,87	1,11	6,53	--
Proteína bruta	3,42	3,53	3,55	3,49	10,36	50,04	281
Extrato etéreo	0,66	0,66	0,72	0,75	3,54	2,23	--
Fibra em detergente neutro	55,25	55,08	59,79	61,95	17,10	33,68	--
FDNcp	51,87	50,19	55,37	57,04	13,87	29,96	--
Fibra em detergente ácido	38,55	42,32	37,74	35,28	7,89	28,98	-
N insolúvel em detergente neutro	0,46	0,54	0,56	0,55	0,93	0,69	--
N insolúvel em detergente ácido	0,40	0,49	0,54	0,54	0,06	0,02	--
Lignina	7,44	8,68	7,76	7,18	6,39	2,68	--
Carboidratos não fibrosos	41,57	40,25	34,48	33,13	82,68	11,86	--
Carboidratos totais	92,88	90,54	90,03	89,85	84,98	41,20	--
Nutrientes digestíveis totais	59,55	55,93	54,94	55,19	82,38	62,76	--

Cana = cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); C24, C48 e C72 = cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; G. milho = grão de milho moído fino; F. soja = farelo de soja; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; N = nitrogênio.

Tabela 4. Composição química das dietas.

% da matéria seca	Tratamentos			
	CI	CH24	CH48	CH72
Matéria seca, %	53,85	54,43	54,94	55,41
Matéria mineral	5,64	6,93	7,18	7,28
Proteína bruta	16,07	16,13	16,14	16,11
Extrato etéreo	1,53	1,54	1,57	1,59
Fibra em detergente neutro	41,79	41,69	44,34	45,55
FDNcp	38,45	37,38	40,47	41,42
Fibra em detergente ácido	29,84	31,96	29,39	28,01
N insolúvel em detergente neutro	0,59	0,64	0,65	0,64
N insolúvel em detergente ácido	0,25	0,29	0,31	0,32
Lignina	5,98	6,65	6,16	5,84
Carboidratos não fibrosos	38,78	37,97	34,76	33,73
Carboidratos totais	76,98	75,57	75,40	75,34
Nutrientes digestíveis totais	62,39	60,59	59,74	59,77

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; N = nitrogênio.

Para determinação da síntese de proteína microbiana foi utilizado coleta total de urina, entre os dias 15 e 20 de cada período, utilizando sondas de Folley nº 20, duas vias, com balão de 30 mL. Na extremidade livre do cateter foi adaptada mangueira de polietileno, pela qual a urina foi conduzida até recipiente de plástico com tampa, que continha 200 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 20%. Ao término de cada período de 24 horas, a urina foi pesada e medida quanto ao volume, homogeneizada e retirada uma amostra de 10 mL que foi diluída em 40 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,036N e armazenada em frascos plásticos a -15°C. Ao término do experimento as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, e enviadas ao Laboratório de Bioquímica e Fisiologia da USP, Campus Pirassununga, para análises de alantoína e ácido úrico pelo método colorimétrico (FUJIHARA et al., 1987).

As purinas absorvidas (X, mmol/dia) foram estimadas a partir da excreção de derivados de purinas (Y, mmol/dia), por meio da equação  $Y = 0,85X + 0,385PV^{0,75}$ , em que 0,85 é a recuperação das purinas absorvidas como derivados de purina e  $0,385PV^{0,75}$  é a contribuição endógena para excreção de purinas (VERBIC et al., 1990). A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, gN/dia) foi calculada com base nas

purinas absorvidas (X, mmol/dia) utilizando-se a equação de CHEN & GOMES, (1992):  $Y = 70X / (0,83 \times 0,134 \times 1000)$ , em que 70 é o conteúdo de N nas purinas (mgN/mmol); 0,134, a relação N-purina/N-total nas bactérias (VALADARES et al., 1999); e 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas.

Nas amostras de urina foram determinados os teores de nitrogênio total, segundo AOAC (1995). O balanço de nitrogênio foi calculado por meio das seguintes equações: Nitrogênio absorvido (g/dia) = N consumido - N fecal; Nitrogênio retido (g/dia) = N absorvido - N urinário; Valor biológico (% N absorvido) =  $(N \text{ retido} / N \text{ absorvido}) \times 100$  e Valor biológico (% N ingerido) =  $(N \text{ retido} / N \text{ ingerido}) \times 100$ .

Para a digestibilidade das dietas foi realizado coleta total de fezes, manualmente, entre os dias 15 e 20 de cada período. As fezes foram pesadas, amostradas (10% do total excretado diariamente), pré-secas em estufa de ar forçado a 55°C por 72 horas, e moídas em moinho tipo willey, com peneiras com crivos de 1 mm. Nestas amostras foram determinados os teores de matéria seca, matéria mineral e proteína bruta segundo AOAC (1995), fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido segundo (VAN SOEST et al., 1991). O cálculo da digestibilidade dos nutrientes foi realizado pela expressão: digestibilidade dos nutrientes, % =  $[(\text{nutrientes ingeridos} - \text{nutrientes excretados}) / \text{nutrientes ingeridos}] \times 100$ .

No último dia de cada período foram realizadas coletas manuais de conteúdo ruminal para mensuração do pH, análise das concentrações de N-NH<sub>3</sub>, antes da alimentação (tempo zero) e 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após o fornecimento da refeição da manhã, e quantificação dos protozoários ruminais. As medidas de pH foram realizadas no líquido ruminal filtrado em dupla camada de gase, imediatamente após as coletas, utilizando-se peagâmetro digital. Em seguida, estas amostras foram congeladas em freezer a -15°C, para análise das concentrações de N-NH<sub>3</sub> no dia seguinte. A determinação da concentração de N-NH<sub>3</sub> foi por destilação com hidróxido de potássio 2 N, conforme metodologia descrita por Fenner em 1965 e adaptada por VIEIRA (1980).

Para contagem de protozoários ruminais, realizou-se coleta de conteúdo ruminal (sólido + líquido), via fístula ruminal, antes da primeira alimentação do dia, homogeneizando-se o conteúdo e coletando-se uma sub-amostra de 10 mL. Essas

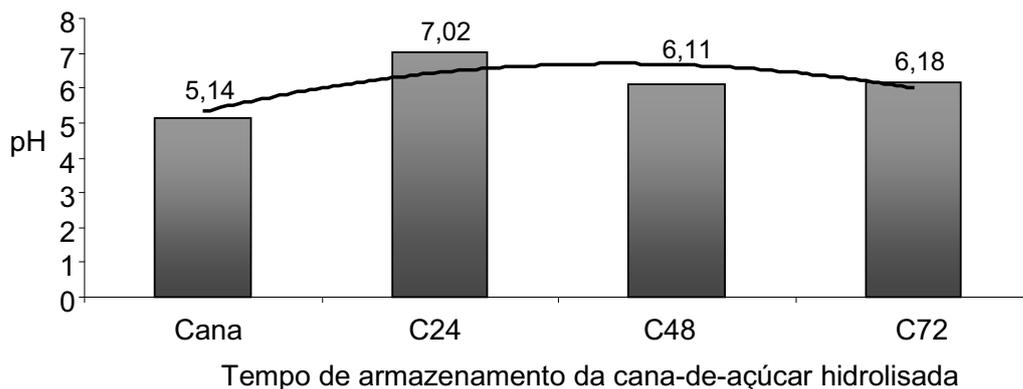
foram adicionadas de 10 mL de formaldeído 37%, acondicionadas em frascos com tampa de rosca e batoque, e armazenadas em temperatura ambiente. Ao final do experimento, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Metabolismo Ruminal da USP, Campus de Pirassununga, para contagem de protozoários através da quantificação de células em 50 grades reticuladas, observadas em microscopia ótica (100x), em câmara de Sedgewick-Rafter (DEHORITY, 1993). No último dia de cada período, foram realizadas medidas de pH da cana-de-açúcar. Para isso, três amostras dos amontoados de cana-de-açúcar hidrolisada e *in natura* foram processadas em liquidificador, segundo metodologia descrita por KUNG JR et al. (1984), para obtenção de extrato aquoso, utilizado para determinação do pH em peagâmetro digital.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade, e quando satisfeitas as pressuposições de normalidade os dados foram submetidos à análise de variância e regressão polinomial. O valor do coeficiente de determinação foi calculado a partir da soma de quadrados da regressão considerada significativa dividida pela soma de quadrados total recalculado [soma de quadrados da regressão + soma de quadrados do erro da análise de variância (erro puro)].

Para as análises foi utilizado o programa estatístico SAS v. 8.02 (2001), adotando-se 5% como nível de significância. O modelo matemático geral utilizado foi representado por:  $\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \alpha_j + (\tau\alpha)_{ij} + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $\gamma_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\tau_i$  = efeito de tratamento;  $\alpha_j$  = efeito do período;  $(\tau\alpha)_{ij}$  = interação entre tratamento e período;  $\varepsilon_{ij}$  = erro experimental residual. O modelo matemático utilizado para as variáveis analisadas como medidas repetidas no tempo (pH ruminal e N-NH<sub>3</sub>) foi representado por:  $\gamma_{ijkl} = \mu + \tau_i + \xi_j(\tau)_i + \alpha_k + (\tau\alpha)_{ik} + \varepsilon_{ijkl}$ , onde:  $\gamma_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média geral;  $\tau_i$  = efeito de tratamento;  $\xi_j(\tau)_i$  = efeito da repetição dentro de tratamento;  $\alpha_k$  = efeito do período;  $(\tau\alpha)_{ik}$  = interação entre tratamento e período;  $\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental residual. Já para o estudo da regressão, foi utilizado o seguinte modelo:  $\gamma_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_i^2 + \beta_3 X_i^3 + \alpha_j + \varepsilon_{ij}$ , onde:  $\gamma_{ij}$  = variáveis dependentes;  $\beta$ 's = coeficientes de regressão;  $X_i$  = variáveis independentes;  $\alpha_j$  = desvios da regressão; e  $\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório residual.

## Resultados e Discussão

O armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada influenciou quadraticamente o pH da forragem, verificando-se valores máximos após 24 horas da adição da cal (Figura 1). O aumento do pH da cana-de-açúcar hidrolisada era esperado, já que a forragem foi acrescida de substância alcalina. MACEDO (2007) avaliando a cana-de-açúcar hidrolisada verificou pH de 5,49; 11,22; 11,78 e 11,86 para doses de cal virgem de 0; 0,5; 1 e 1,5%, respectivamente. As variações do pH da forragem do presente estudo são concordantes aos obtidos pelo autor citado acima, o qual verificou que o pH da cana-de-açúcar hidrolisada manteve-se estável até 3 horas, com redução após 24 horas.



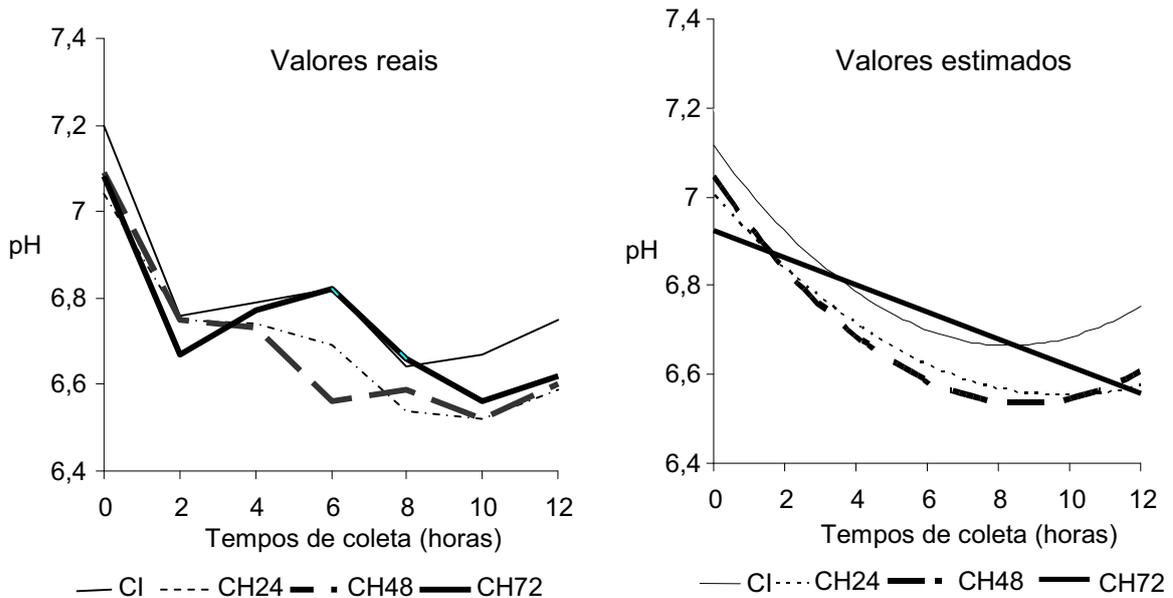
$$\text{pH} = 5,33 + 0,066x - 0,00078x^2; R^2 = 0,60; CV = 15,44; P = 0,0003.$$

Cana = cana-de-açúcar após a picagem; C24, C48 e C72 = cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente.

Figura 1. pH da cana-de-açúcar logo após a picagem (tempo zero) e da cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por diferentes períodos.

Quanto ao pH do líquido ruminal, verificou-se interação significativa entre dietas e momento da coleta do conteúdo ruminal (Figura 2). Nas novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24 e 48 horas, o pH do líquido ruminal variou de forma quadrática ( $P < 0,05$ ) em função do momento de

coleta do conteúdo ruminal, com ponto de mínima estimado após 8,3, 10,0 e 9,0 horas após a primeira alimentação do dia, respectivamente. Já em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 72 horas, o pH do líquido ruminal diminuiu linearmente ( $P < 0,05$ ) em função do momento de coleta do conteúdo ruminal.



CI = dietas com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente.

CI =  $7,11 - 0,11x + 0,006x^2$ ,  $R^2 = 0,76$ ; CH24 =  $7,00 - 0,09x + 0,005x^2$ ,  $R^2 = 0,91$ ;  
 CH48 =  $7,05 - 0,12x + 0,007x^2$ ,  $R^2 = 0,93$ ; CH72 =  $6,92 - 0,031x$ ,  $R^2 = 0,63$ .

Figura 2. Desdobramento da interação entre tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada e momento da coleta do líquido ruminal para os valores reais e estimados do pH do líquido ruminal.

Cabe destacar que os dados médios do pH do líquido ruminal, relativos aos tratamentos, não foram ajustados ( $P > 0,05$ ) aos modelos de regressão testados, apresentando valores de 6,80; 6,70; 6,69 e 6,74 para as dietas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente. Todavia, quando realizado análise de contrastes, verificou-se que o pH do líquido ruminal das novilhas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* foi superior ( $P < 0,05$ ) daquelas

alimentadas com as demais dietas, resultados não esperados, já que a cana-de-açúcar foi acrescida de cal. As variações do pH do líquido ruminal, segundo análise de regressão múltipla, foi resultado da combinação de fatores, de forma que 86% da variação desta variável foi associado a digestibilidade da matéria seca, consumo de matéria seca, nitrogênio amoniacal, nitrogênio ingerido e absorvido, proteína microbiana e protozoários ruminais do gênero *Diplodiniinae* (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) parcial e total das principais variáveis do modelo de regressão múltipla para pH do líquido ruminal.

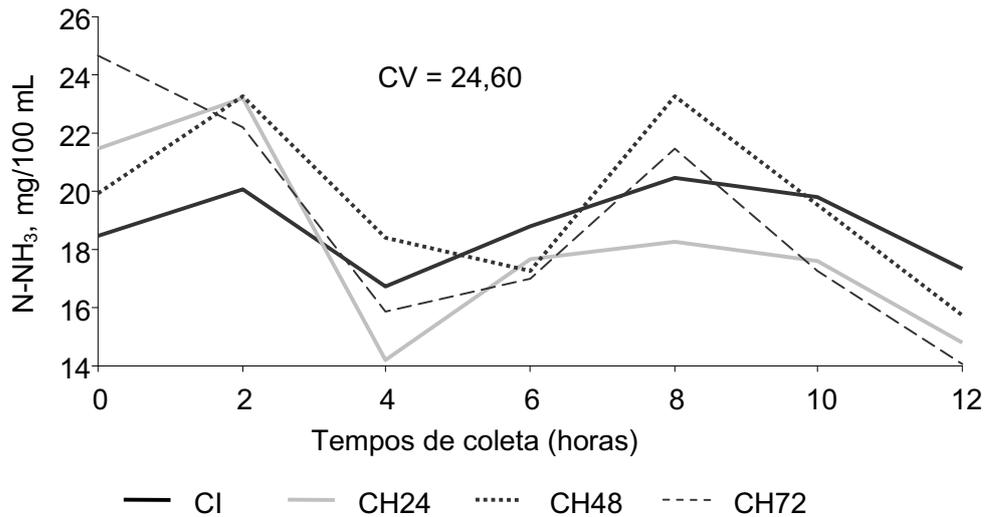
Variáveis	$R^2$ parcial	$R^2$ total
Digestibilidade da matéria seca (DMS)	0,19	0,19
Nitrogênio absorvido (Nabsor)	0,17	0,36
Consumo de matéria seca (CMS)	0,15	0,51
Proteína microbiana (Pmic)	0,11	0,62
Nitrogênio ingerido (Ninger)	0,10	0,72
N <sup>o</sup> de protozoários ruminais do gênero <i>Diplodiniinae</i> (Diplo)	0,08	0,80
Nitrogênio amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )	0,06	0,86

pH do líquido ruminal = - 0,03DMS - 0,04Nabsor + 1,54CMS - 8,81Pmic - 4,92Ninger + 0,08Diplo + 0,003N-NH<sub>3</sub>; P < 0,0001.

O pH ruminal está associado a digestibilidade e consumo de matéria seca, uma vez que a maior ingestão e digestão de alimentos aumenta a concentração de ácidos graxos voláteis do rúmen, diminuindo o pH (VAN SOEST, 1994). Neste estudo, verificou-se associação positiva entre pH ruminal e consumo de matéria seca, refletindo a ingestão de cal associada ao alimento (Tabela 5). Já o aumento na concentração de amônia ruminal eleva a taxa de absorção da parede ruminal, causado pela diferença de concentração de amônia entre o rúmen e a corrente sanguínea e também pelo efeito tamponante da amônia, que aumenta o pH ruminal, favorecendo sua absorção (FERNANDEZ et al., 1990). A relação existente entre o nitrogênio ingerido e absorvido com o pH ruminal, está relacionado ao exposto anterior, já que estas variáveis determinam a quantidade de N-NH<sub>3</sub> ruminal, assim como estão associadas a disponibilidade de N para a síntese de proteína microbiana. Os protozoários ruminais, por sua vez, influenciam o pH ruminal por digerirem amido mais lentamente que

bactérias, e por serem fermentadores de lactato, diminuindo a depressão do pH ruminal (CHURCH, 1979).

O teor de nitrogênio amoniacal nas diferentes dietas variou de forma independente ( $P > 0,05$ ) ao momento de coleta do conteúdo ruminal (Figura 3).



CI = dietas com cana-de-açúcar *in natura*; CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente.

Figura 3. Nitrogênio amoniacal de acordo com as dietas e momento de coleta do conteúdo ruminal.

Não foi verificada diferença ( $P > 0,05$ ) entre as médias dos tratamentos para o teor de nitrogênio amoniacal, sendo os valores médios observados de 19,09; 18,16; 19,62 e 18,92 mg de N-NH<sub>3</sub>/100 mL para novilhas alimentadas com dietas com cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente. Estes valores foram superiores ao mínimo recomendado (5 mg de N/100 mL) para manter as funções normais do rúmen (SATTER & SLYTER, 1974), e ao valor considerado adequado (10 mg de N/100 mL) para máxima fermentação ruminal (VAN SOEST, 1994). Todavia, o nível ótimo de N-amoniacal não deve ser considerado como um número fixo, visto que a capacidade com que as bactérias do rúmen

sintetizam proteína e utilizam amônia depende da taxa de fermentação dos carboidratos e sua sincronização com a degradação de proteínas (VAN SOEST, 1994).

Os resultados referentes ao N-NH<sub>3</sub> obtidos neste estudo são concordantes aos encontrados por MORAES (2006), o qual não verificou alterações nos valores médios para esta variável em novilhas alimentadas com dietas com cana-de-açúcar *in natura* e hidrolisada com 1% de cal virgem armazenada por 24 horas. Já DIAS (2009) verificou, em vacas mestiças alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*, altos valores de N-NH<sub>3</sub> (> 25 mL) no intervalo de três horas após alimentação em relação a dietas com cana-de-açúcar hidrolisada com cal hidratada. Segundo este autor, os resultados indicam perdas de N (via não identificada) em dietas com cana-de-açúcar *in natura*, sugerindo que o tratamento da cana-de-açúcar com doses crescentes de cal pode potencializar a fermentação ruminal, melhorando o aproveitamento da cana-de-açúcar pelo ruminante. No presente estudo, tal suposição não pode ser feita, uma vez que o N-NH<sub>3</sub> nas dietas com cana-de-açúcar *in natura* manteve-se intermediária e mais constante ao longo do tempo que as demais dietas (Figura 3).

De outra maneira, verificou-se variação cúbica ( $Y = 22,23 - 2,092x + 0,383x^2 - 0,021x^3$ ;  $R^2 = 0,55$ ;  $P < 0,05$ ) do teor de N-NH<sub>3</sub> em função do momento em que foi feita a coleta de conteúdo ruminal, apresentando ponto de mínima e máxima para 4 e 8 horas após o fornecimento da primeira alimentação do dia (Figura 4).

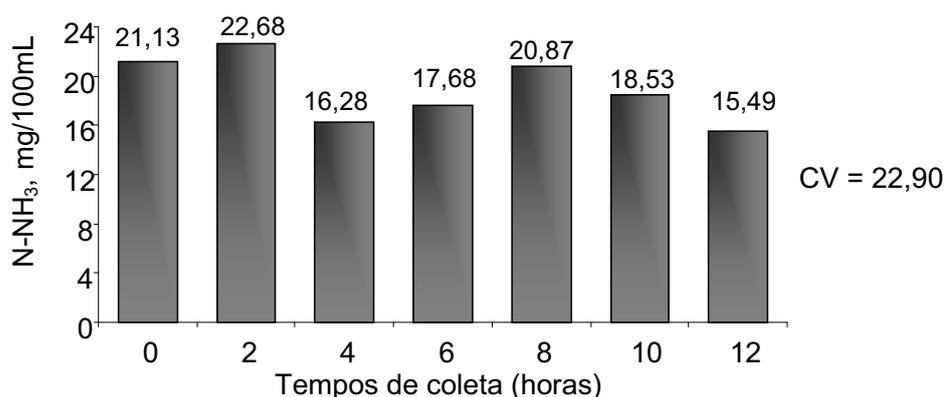


Figura 4. Valores médios para N-NH<sub>3</sub> em função dos tempos de coleta.

As variações da concentração de N-NH<sub>3</sub> no líquido ruminal ao longo do tempo são concordantes com a literatura. Segundo NOLAN & DOBOS (2005) as concentrações de N-NH<sub>3</sub> no conteúdo ruminal tendem a aumentar entre 2 a 4 horas após cada refeição, no entanto, a assimilação microbiana de peptídeos, aminoácidos e N-NH<sub>3</sub> reduz as concentrações máximas potenciais de nitrogênio amoniacal, sendo sua concentração durante o tempo dependente da degradabilidade da proteína alimentar e do crescimento microbiano.

A quantidade de protozoários no rúmen e sua diversidade é influenciada pelo tipo de dieta ingerida, pH ruminal e pelas relações que estabelecem entre si e com a população bacteriana (MOURA MARINHO, 1982). No presente estudo, o número de protozoários totais e protozoários do gênero *Entodiniun*, *Diplodiniinae*, *Dasytricha* não foram alterados ( $P > 0,05$ ) pelas dietas (Tabela 6).

Tabela 6. Médias para o número mais provável de protozoários ruminais (células/mL) de novilhas da raça Nelore alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada sob diferentes períodos de armazenamento.

Itens	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
<i>Entodiniun</i>	81,25	91,12	128,50	75,00	5,97	--	NS	NS	NS
<i>Diplodiniinae</i>	1,88	2,25	3,38	2,25	11,81	--	NS	NS	NS
<i>Isotricha</i>	3,12	2,12	1,12	0,50	9,02	0,45	*	NS	NS
<i>Dasytricha</i>	1,12	1,50	2,62	0,50	17,39	--	NS	NS	NS
Total	87,38	97,00	135,62	78,25	5,76	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; *Isotricha*, células/mL =  $3,05 - 0,03698x$ ; R<sup>2</sup> = 0,45; \*P < 0,0001.

O número de protozoários do gênero *Isotricha*, por sua vez, apresentou ajuste à equação de regressão linear, diminuindo 0,04 células/mL a cada hora a mais no tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada (Tabela 6). Tal resultado pode estar relacionado à diminuição da concentração de sacarose com a elevação do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada (OLIVEIRA, 1999), já que os protozoários *holotrichos* (*Dasytricha* e *Isotricha*) estão associados à degradação ruminal

de açúcares solúveis, para atendimento de suas exigências energéticas (THEODOROW & FRANCE, 2005).

O gênero *Entodinium* predominou entre os protozoários para todas as dietas estudadas, variando de 93 a 96% da concentração total (Tabela 6). Segundo DEHORITY (1991) 90% da fauna de ruminantes é formada por *Entodínios*. Em dietas com cana-de-açúcar a população de protozoários é dividida entre *holotrichos* (*Isotricha* e *Dasytricha*) e *Entodinium*, mas, em termos de biomassa, os *Holotrichos* prevalecem, com os *Isotricha* sobrepujando os *Dasytricha* (MINOR et al., 1977; VALDEZ et al., 1977). Por outro lado, não foram encontrados protozoários dos gêneros *Epidinium* e *Charonina* nas amostras de conteúdo ruminal das novilhas do presente estudo.

Considerando o papel da fermentação microbiana ruminal na digestão de ruminantes, é importante a avaliação do nitrogênio disponível para absorção pelo animal (VALADARES et al., 1997). Segundo SILVA & LEÃO (1979) o balanço de nitrogênio é um método de avaliação dos alimentos e do estado nutricional do animal, consistindo em determinar a ingestão de nitrogênio e todas as perdas deste elemento pelo corpo. Nesse sentido, verificou-se que as variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio do presente estudo não foram alteradas ( $P > 0,05$ ) pelas dietas (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios para nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N da urina, N absorvido, N retido e balanço de nitrogênio de acordo com os tratamentos.

Itens	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
N ingerido <sup>1</sup>	163,44	164,12	167,54	162,58	5,14	--	NS	NS	NS
N fecal <sup>1</sup>	41,02	38,71	42,46	42,19	15,93	--	NS	NS	NS
N da urina <sup>1</sup>	72,98	81,76	68,79	77,12	23,93	--	NS	NS	NS
N absorvido <sup>1</sup>	122,42	125,41	125,07	120,39	7,47	--	NS	NS	NS
N retido <sup>1</sup>	49,45	43,64	56,28	43,27	48,02	--	NS	NS	NS
VB do N <sup>2</sup>	28,59	25,48	32,98	25,88	47,79	--	NS	NS	NS
VB do N <sup>3</sup>	79,96	63,80	87,14	72,02	63,48	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; <sup>1</sup>g/dia; <sup>2</sup>Valor biológico, % do N ingerido; <sup>3</sup>Valor biológico, % do N absorvido; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; <sup>NS</sup>P > 0,05.

Os resultados obtidos neste estudo, referente ao balanço de nitrogênio, estão associados às semelhanças quanto ingestão de nitrogênio e digestibilidade da proteína bruta entre as dietas. Os resultados do presente estudo, para as variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio, foram discordantes aos encontrados por MORAES (1996), já que este autor verificou menor retenção de nitrogênio em novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada.

O volume urinário, em kg, não foi alterado ( $P > 0,05$ ) pelas dietas (Tabela 8). Já a quantidade de alantoína, ácido úrico, purinas totais, purinas absorvidas e nitrogênio microbiano diminuíram linearmente ( $P < 0,05$ ) com o aumento do tempo de armazenamento da cana-de-açúcar hidrolisada.

Tabela 8. Valores médios para volume urinário, excreção urinária de alantoína, ácido úrico e purinas totais, purinas microbianas absorvidas (purinas abs), compostos nitrogenados microbianos (Nmic) presentes no intestino e eficiência de síntese microbiana.

Itens	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
Urina, kg	4,83	5,97	5,28	5,66	17,08	--	NS	NS	NS
Alantoína <sup>1</sup>	91,39	85,06	74,61	73,20	11,80	0,23	*	NS	NS
Ácido úrico <sup>1</sup>	6,94	6,63	6,03	5,30	6,87	0,18	*	NS	NS
Purinas totais <sup>1</sup>	98,33	91,69	80,63	78,51	11,15	0,25	*	NS	NS
Purinas abs <sup>1</sup>	104,18	96,38	83,38	80,73	12,78	0,25	*	NS	NS
Nmic <sup>1</sup>	409,81	379,10	327,98	317,54	12,77	0,25	*	NS	NS
Eficiência <sup>2</sup>	72,93	68,14	59,378	60,37	13,33	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; <sup>1</sup>mmol/dia; <sup>2</sup>Eficiência = eficiência de síntese microbiana (g de N/kg de matéria orgânica fermentada no rúmen); CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; \* $P < 0,05$ ; <sup>NS</sup> $P > 0,05$ ; Alantoína =  $90,8149 - 0,2708x$ ; Ácido úrico =  $7,056 - 0,02306x$ ; Purinas totais =  $97,871 - 0,2939x$ ; Purinas abs =  $103,668 - 0,3473x$ ; Nmic =  $65,24725 - 0,2186x$ .

Apesar da variação das variáveis supracitadas, a eficiência de síntese microbiana não foi alterada significativamente pelas dietas. Segundo OWENS & GOETSCH (1993) a produção microbiana total do rúmen, geralmente aumenta com a quantidade de matéria orgânica fermentada no rúmen, sendo a eficiência microbiana

independente da produção microbiana, de forma que esses termos não devem ser confundidos. Quando a ingestão de alimento aumenta, a taxa de passagem e o tamanho das partículas que deixarão o rúmen também aumentarão, devendo aumentar a eficiência microbiana. Mas quando a taxa de passagem aumenta, a digestão de matéria orgânica no rúmen diminui, e maior quantidade de matéria orgânica passará para o trato posterior sem ser digerida (VALADARES FILHO & PINA, 2006). Em virtude de a produção microbiana ser um múltiplo da quantidade de matéria orgânica digerida no rúmen e da eficiência microbiana, tem-se que, quando a taxa de digestão é baixa e a taxa de passagem é alta, a produção microbiana pode diminuir, apesar de um aumento na eficiência microbiana (VALADARES FILHO & PINA, 2006). De outra forma, os resultados do presente estudo se assemelham aos encontrados por MORAES et al. (2008b), visto que estes autores não verificaram alteração da eficiência de síntese microbiana pela adição de 1% de cal virgem à cana-de-açúcar.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido das dietas não foram alteradas ( $P > 0,05$ ) pela adição de 0,5% de cal hidratada e o respectivo armazenamento da cana-de-açúcar (Tabela 9). Esses resultados não eram esperados visto que tem se verificado aumento da digestibilidade *in vitro* da cana-de-açúcar acrescida de cal microprocessada (OLIVEIRA et al., 2007; MOTA, 2008; DIAS, 2009). Resultados semelhantes ao do presente estudo foram encontrados por CARVALHO (2008), o qual não verificou diferença para a digestibilidade aparente da matéria seca de dietas compostas por cana-de-açúcar hidrolisada e cana-de-açúcar *in natura*. Por outro lado, resultado desfavorável para a adição de cal à cana-de-açúcar foi obtido por MORAES (2006), que verificou diminuição da digestibilidade aparente da matéria seca de dietas com cana-de-açúcar acrescida de 1% de cal virgem armazenada por 24 horas em relação a dietas compostas por cana-de-açúcar *in natura*. CARVALHO (2008) cita que baixos consumos e coeficientes de digestibilidade em trabalhos de pesquisa com cana-de-açúcar hidrolisada, decorrentes da baixa eficiência das cales no tratamento químico da cana-de-açúcar, não são bem compreendidos, porém, pelo que tudo indica as reduções tem forte relação com a elevação do pH ruminal, o qual pode provocar

redução na eficiência microbiana de degradação e utilização dos alimentos, fato que não foi observado neste experimento.

Tabela 9. Médias para os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas.

Digestibilidade, %	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
Matéria seca	71,67	70,27	69,38	69,00	4,96	--	NS	NS	NS
Matéria orgânica	70,37	68,77	67,76	67,03	5,22	--	NS	NS	NS
Proteína bruta	74,85	76,23	74,95	73,78	5,09	--	NS	NS	NS
FDN	51,12	50,03	53,45	52,08	12,29	--	NS	NS	NS
FDA	49,37	49,22	46,68	45,01	17,35	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; <sup>NS</sup>P > 0,05.

O consumo das frações alimentares não foi alterado (P > 0,05) pelas dietas (Tabela 10).

Tabela 10. Médias para os consumos de matéria seca, proteína bruta, nutrientes digestíveis totais (NDT) e fibra em detergente neutro (FDN) de novilhas alimentadas com cana-de-açúcar hidrolisada em diferentes tempos de armazenamento.

Consumo	Tratamentos				CV	R <sup>2</sup>	Equação de regressão		
	CI	CH24	CH48	CH72			L	Q	C
Matéria seca <sup>1</sup>	6,25	6,25	6,27	6,02	6,95	--	NS	NS	NS
Matéria seca <sup>2</sup>	1,99	2,03	2,04	2,00	6,49	--	NS	NS	NS
Proteína bruta <sup>1</sup>	1,02	1,03	1,05	1,02	5,14	--	NS	NS	NS
Proteína bruta <sup>2</sup>	0,33	0,33	0,34	0,34	4,69	--	NS	NS	NS
NDT <sup>1</sup>	3,96	3,89	3,84	3,71	6,42	--	NS	NS	NS
NDT <sup>2</sup>	1,27	1,26	1,25	1,23	6,33	--	NS	NS	NS
FDN <sup>1</sup>	2,54	2,49	2,69	2,61	9,30	--	NS	NS	NS
FDN <sup>2</sup>	0,81	0,81	0,87	0,86	8,80	--	NS	NS	NS

CI = dieta com cana-de-açúcar *in natura* (tempo zero); CH24, CH48 e CH72 = dietas com cana-de-açúcar hidrolisada armazenada por 24, 48 e 72 horas, respectivamente; <sup>1</sup>kg/dia; <sup>2</sup>% do peso corporal/dia; CV = coeficiente de variação; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; L, Q e C = equação de regressão linear, quadrática e cúbica, respectivamente; <sup>NS</sup>P > 0,05.

Os resultados referentes à ingestão das frações alimentares, do presente estudo, se assemelham aos encontrados por DOMINGUES (2009). No entanto, resultados divergentes para ingestão de nutrientes por bovinos têm sido obtido entre os diferentes estudos que avaliaram a hidrólise da cana-de-açúcar com cales microprocessadas (MORAES et al., 2008a; TEIXEIRA JR, 2008; SFORCINI, 2008; DIAS, 2009; PANCOTI, 2009; PINA, 2008; PINA et al., 2010 e ALVES, 2010). Tais diferenças entre resultados podem estar associados à concentração de óxido de cálcio na cal, dosagem de cal utilizada, condições de hidrólise e armazenagem da cana-de-açúcar, condições de crescimento e picagem da cana-de-açúcar, relação volumoso:concentrado, raça, categoria e histórico alimentar dos animais utilizados nos diferentes estudos. Corroborando, REIS & CARNEIRO DA SILVA (2006) afirmam que o consumo de forragens conservadas é o resultado de interações complexas que envolvem as características das plantas antes do processamento, os fatores inerentes ao processo de conservação, as alterações no valor nutritivo durante armazenamento e fornecimento aos animais, do processamento físico da forragem conservada e das características dos animais alimentados com o volumoso.

## **Conclusões**

O fornecimento de dietas com aproximadamente 56% de cana-de-açúcar com adição de 0,5% de cal hidratada, armazenada até 72 horas, não altera a digestão ruminal a ponto de modificar a quantidade de alimento consumido por novilhas da raça Nelore com mais de 14 meses de idade.

## CAPÍTULO 5 – IMPLICAÇÕES

A utilização de produtos alcalinos como as cales microprocessadas (hidratada e virgem), para o tratamento da cana-de-açúcar, tem sido utilizado com frequência entre pecuaristas na tentativa de melhorar a qualidade e aproveitamento desta forragem pelos bovinos. Além disso, a utilização da cana-de-açúcar hidrolisada tem sido associada à melhora na logística da propriedade, pela possibilidade do armazenamento desta forragem (até 72 horas), com diminuição do número de cortes semanais diários e, diminuição dos custos com mão-de-obra e depreciação de equipamentos.

A utilização das cales no tratamento da cana-de-açúcar tem se destacado também pela eficiência no controle de abelhas associadas à forragem, beneficiando o manejo de fornecimento da alimentação e acesso dos animais ao comedouro.

A hidrólise da cana-de-açúcar com cal hidratada e virgem, tem se mostrado eficiente, por grande parte das pesquisas, na melhoria da qualidade nutritiva desta forragem. Esta melhora envolve diminuições nos teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, e aumento da digestibilidade *in vitro* da fibra. Outro aspecto referente à composição nutricional da cana-de-açúcar tratada com cal é o aumento da concentração de cálcio e relação cálcio:fósforo da forragem, mantendo limites aceitáveis para alimentação de bovinos, quando a hidrólise é feita com 0,5% de cal. O aumento da concentração de cálcio na forragem tem sido considerado benéfico para animais de alta produção, como vacas leiteiras.

Embora se observe melhora nas características nutritivas da forragem pela adição de cal à cana-de-açúcar e produção de leite de vacas alimentadas com essa forragem, os resultados referentes ao desempenho de novilhas não tem sido consistente, principalmente em se tratando de raças para corte. Para esses animais tem se observado prejuízos do ponto de vista do desempenho, principalmente quando os animais são jovens. Tais resultados podem estar indicando, que para animais jovens de

raças para corte (principalmente zebuínas) a cana-de-açúcar hidrolisada não apresenta boa aceitação. Tais problemas, no entanto, não são observados com frequência em vacas leiteiras, em vista de seu apetite mais voraz. Nessa categoria, os resultados são animadores, já que tem se observado, em grande parte das pesquisas, aumento na produção de leite, atribuído à melhoria na digestibilidade da cana-de-açúcar hidrolisada e ao suplemento extra de cálcio pela cal.

Em vista dos diferentes resultados experimentais, torna-se necessário a investigação do desempenho animal, viabilidade econômica, palatabilidade e aceitabilidade da forragem em diferentes categorias de bovinos alimentados com cana-de-açúcar tratada com cal. Além disso, novas pesquisas devem ser realizadas com intuito de verificar a dinâmica de crescimento microbiano nos amontoados de cana hidrolisada, assim como determinar os fatores que acarretam mudanças na composição bromatológica, temperatura e pH da forragem tratada com cal e armazenada na forma de grandes amontoados.

Por fim, a recomendação ou não da utilização da hidrólise da cana-de-açúcar com cal para bovinos jovens deve partir de avaliações conjuntas dos aspectos nutritivos do alimento, do desempenho animal, da viabilidade econômica envolvendo sua utilização, assim como dos objetivos a serem alcançados no sistema de criação.

## REFERÊNCIAS

AGRIANUAL 2009: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009. 497 p.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598 - 1624, 2000.

ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1447 - 1462. 1997.

ALVES, A. C. N. **Utilização de cana-de-açúcar hidrolisada e fontes lipídicas na alimentação de vacas girolandas em lactação**. 2010. 100f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

AMAN, P.; WESTERLUND, E. Cell wall polysaccharides: Structural, chemical and analytical aspects. In: **Carbohydrates in Food**. 16ed. New York: New York, 1996. cap. 3, p.191 - 226.

ANUALPEC - **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: Instituto FNP, 16 ed. 2009, 360p.

ARNOLD, G. W. Ingestive behaviour. In: FRASER, A.F. (Ed.). **Ethology of farm animals, a comprehensive study of the behavioural features of the common farm animals**. New York, Elsevier, 1985. p. 183 - 200.

ARNOLD, D. W.; DUDZINSKI, M. L. **Ethology of free-ranging domestic animals**. Amsterdam, Elsevier, 1978. 198p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 15th. ed. Washington, D.C., 1990. 1141p.

AZEVÊDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; CARNEIRO, P. C.; QUEIROZ, A. C.; BARBOSA, M. H. P.; FERNANDES, A. M.; RENNÓ, F. P. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1431 - 1442, 2003.

BACHMAN, K. C. Managing milk composition. In: VAN HORN, H. H.; WILCOX, C. J. **Large dairy herd management**. Champaign: American Dairy Science Association, 1992. Cap. 35, p. 336 - 346.

BURGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; COELHO DA SILVA, J. F.; VALADARES FILHO, S.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 236 - 242, 2000.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; MALAFAIA, P. A. M. Frações de carboidratos de alimentos volumosos e suas taxas de degradação estimadas pela técnica de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2087 - 2098, (suplemento 1), 2000.

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

CAMPOS, W. E.; BENEDETTI, E.; RODRIGUEZ, N. M.; SALIBA, E. S.; BORGES, A. L. C. C.; LACHICA LOPES, M. Digestibilidade da proteína de alimentos utilizados na alimentação de ruminantes pelo método das três etapas. **Archivos de Zootecnia**, v. 56, n. 216, p. 829 - 837, 2007.

CARDOSO, G. C.; GARCIA, R.; SOUZA, A. L.; PEREIRA, O. G.; ANDRADE, C. M. S.; PIRES, A. J. V.; BERNARDINO, F. S. Desempenho de novilhos simental alimentados com silagem de sorgo, cana-de-açúcar e palhada de arroz tratada ou não com amônia anidra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2132 - 2139, 2004 (Supl. 2).

CARVALHO, G. P. **Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio em dietas para ovinos, caprinos, novilhas e vacas em lactação**. 2008. 304f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CEPEA-ESALQ/USP. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. Disponível em: <[www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br)>. Acesso: 18 Agosto 2008.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details**. Bucksburnd: Rowett Research Institute/International Feed Research Unit, 1992. 21p. (Occasional publication).

CHOCT, M. Feed non-Starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, p.13 - 26, 1997.

CHURCH, D. C. **Digestive physiology and nutrition of ruminants**. Vol. 1 - Digestive Physiology. 3. ed. Oxford Press Inc. 1979. 350p.

COPLANA. **Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba Ltda**. Disponível em: <[www.coplana.com.br](http://www.coplana.com.br)>. 2008. Acesso: 18 Agosto 2008.

COLLINS, R. M., PRITCHARD, R. H. Alternate day supplementation of corn gluten meal fed to ruminants. **Journal Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3899 - 3908, 1992.

CÔRTEZ, V. A. B.; FERREIRA, R. F.; BENEDETTI, E. Hidrólise com cal em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) na alimentação de ruminantes - uma revisão. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 4, p. 1018 - 1038, 2009.

COSTA, B.; FRANCO, M. Cana. **DBO Rural**, São Paulo, p. 64 - 73, 1998.

DEHORITY, B. A. **Laboratory manual for classification and morphology of rumen ciliate protozoa**. Boca Raton: CRC. Press, 1993. 325p.

DESWYSEN, A. G.; DUTILLEUL, P. A.; GODFRIN, J. P. Nyctemeral eating and ruminating patterns in heifers fed grass or corn silage: analysis by finite Fourier transform. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 10, p. 2739 - 2747, 1993.

DIAS, A. M. **Hidróxido de cálcio como aditivo para cana-de-açúcar *in natura* para alimentação de bovinos**. 2009. 106f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

DOMINGUES, F. N. **Cana-de-açúcar hidrolisada com doses crescentes de cal virgem e tempos de exposição ao ar para a alimentação de bovinos**. 2009. 93f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

EGAN, B. T. Post harvest deterioration losses, in sugar cane in Queensland. **Proceedings of International Society of Sugar Cane Technology**, v. 13, p. 1729 - 1735, 1969.

EVERS, A. D.; BLAKENY, A. B.; O'BRIEN, L. Cereal structure and composition. **Australian journal Agriculture Research**, v. 50, n. 5, p. 629 - 650, 1999.

FAHEY JR, G. C.; BOURQUIN, L. D.; TITGEMEYER, E. C.; ATWELL, D. G. **Postharvest treatment of fibrous feedstuffs to improve their nutritive value**. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D.; RALPH, J. (Eds.). Forage cell wall structure and digestibility. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1993. p. 715 - 766.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, J. C.; LANA, R. P.; BARBOSA, M. H. P.; FONSECA, D. M.; DETMAN, E.; CABRAL, L. S.; PEREIRA, E. S.; VOTTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 977 - 985, 2003.

FERNANDEZ, J. M.; CROOM, W. J.; TATE, L. P.; JOHNSON, A. D. Subclinical ammonia toxicity in steers: effects on hepatic and portal-drained visceral flux of metabolites and regulatory hormones. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 1726 - 1742, 1990.

FISHER, V. **Efeitos do fotoperíodo, da pressão de pastejo e da dieta sobre o comportamento ingestivo de ruminantes**. 1996. 243f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FUJIHARA, T.; ORSKOV, E. R.; REEDS, P. J. et al. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, v. 109, [s.n], p. 7 - 12, 1987.

FURLAN, R. I.; MACARI, M.; FARIA FILHO, D. E. de. Anatomia e fisiologia do trato gastrointestinal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G de. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 1 - 21.

GALAN, V. B.; NUSSIO, L. G., Novos custos para cana-de-açúcar. (Ed.) **Boletim do leite**. Piracicaba, n. 74, 2000a.

GALAN, V. B.; NUSSIO, L. G., Novos custos para silagem de milho. (Ed.) **Boletim do Leite**. Piracicaba, n. 71, 2000b.

GUIMARÃES, J. E. P. **Aplicações da cal no meio rural**. São Paulo, Associação Brasileira de Produtores de Cal, 2003.

HALL, M. B. Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. **Institute of Food and Agricultural Sciences: University of Florida**, 2000. 42p.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v. 33, n. 6, p. 1306 - 1311, 1993.

HIDROCANA. **Hidrólise em cana-de-açúcar: uma ótima opção na alimentação de bovinos com baixo custo**. Disponível em: <[www.hidrocana.com.br](http://www.hidrocana.com.br)>. Acesso em: 17 março 2008.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Inglaterra: Longman Handbooks in Agriculture, 1990. 203p.

HOLDEN, L. A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for tem feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, n. 8, p. 1791 - 1794, 1999.

HOOVER, W. H. Chemical factores involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, [s.n], p. 2755 - 2766, 1986.

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

JUNG, H. G. Identification of cell wall traits that can be manipulated to improve forage digestibility. In: DAIRY FORAGE INDUSTRY CONFERENCE, 1996, Madison. **Proceedings...** Madison: US Dairy Forage Research Center, 1996. p. 9 - 14.

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

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

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

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

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 1 ed. Santa Maria: UFSM. 2002, 140p.

KUNG JR, L.; GRIEVE, D. B.; THOMAS, J. W. Added ammonia or microbial inoculant for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v. 67, p. 299 - 306, 1984.

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

LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; RODRIGUES, A. A; CRUZ, G. M.; ROSSETO, R.; FIGUEIREDO, P. et al. **A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-**

**açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal.** Campinas: IAC, 2002. 36p. (Boletim Técnico IAC 193 Série Tecnologia APTA).

LAVEZZO, O. E. N. M.; LAVEZZO, W.; WECHSLER, F. S. Estádio de desenvolvimento do milho. 3. Avaliação de silagens por intermédio de parâmetros de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 171 - 178, 1998.

LEÃO, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; RENNÓ, L. N.; CECON, P. R.; AZEVEDO, J. A. G.; GONSALVES, L. C.; VALADARES, R. F. D. Consumos e digestibilidades totais e parciais de carboidratos totais, fibra em detergente neutro e carboidratos não-fibrosos em novilhos submetidos a três níveis de ingestão e duas metodologias de coleta de digestas abomasal e omasal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 670 - 678, 2005.

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

MACEDO, D. C. **Composição bromatológica da cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) hidrolisada com cal virgem.** 2007. 44p. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Faculdade de ciências agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

MAGALHÃES, A. L. R. **Cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) em substituição à silagem de milho (Zea mays) em dietas para vacas em lactação.** 2001. 62p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; TORRES, R. A.; NETO, J. M.; ASSIS, A. J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Desempenho e Viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1292 - 1302, 2004.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behavior and introductory guide.** 3. ed. New York: Cambridge University Press, 1986, 254p.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. IN: FAHEY JR., G.C. (Ed) **Forage quality evaluation and utilization.** Madison: American Society of Agronomy/ Crop Science. Society of America/soil science society of America. 1994. p.450-493.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426 - 428, 1959.

MISSIO, R. L.; BRONDANI, I. L.; FREITAS, L. S.; SACHET, R. H.; SILVA, J. H. S.; RESTLE, J. Desempenho e avaliação econômica da terminação de tourinhos em confinamento alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1309 - 1316, 2009.

MORAES, K. A. K. **Desempenho produtivo de novilhas de corte alimentadas com cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado**. 2009. 75f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

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

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

MOTA, D. A. **Diferentes tipos de cales na hidrólise da cana-de-açúcar IAC 86-2480**. 2008. 54f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

MOTA, D. A.; OLIVEIRA, M. D. S.; DOMINGUES, F. N.; MANZINI, G. M.; FERREIRA, D. S.; SANTOS, J. Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem ou cal hidratada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1186 - 1190, 2010.

MOTA, D. A.; OLIVEIRA, M. D. S.; DOMINGUES, F. N.; MANZI, G. M.; FERREIRA, D. S.; SANTOS, dos J.; SFORCINI, M. Teores de macrominerais da cana-de-açúcar in natura (*Saccharum officinarum* L.) submetida ou não a hidrólise com diferentes tipos de cales. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** CD-ROM.

MUCHOW, R. C.; ROBERTSON, M. J.; WOOD, A. W. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia. II. Sucrose accumulation and commercial yield. **Fields Crops Research**, v. 48, n. 1, p. 27 - 36, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 1996. 242p.

NEIVA, J. N. M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, O. G.; AURELIANO PIRES, J. V.; SILVA, H. A. Consumo e digestibilidade aparente de matéria seca e nutrientes em dietas à base de silagens e rolão de milho amonizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 453 - 460, 1998.

NOLAN, J. V.; DOBOS, R. C. 2005. **Nitrogen transactions in ruminants**. IN: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. 2nd. ed. J. Dijkstra, J. M. Forbes, and J. France, ed. CABI Publ., Wallingford, UK. Pages 177 - 206

NORTON, B. W. Differences between species in forrage quality. In:HACKER, J. B. (ed.). **Nutritional limits to animal production from pastures**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1982. p. 89 - 110.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: Effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, [s.n], p. 589 - 59, 1999.

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

OLIVEIRA, I. S. **Avaliação de volumosos na dieta de vacas leiteiras na época seca: consumo, digestibilidade, produção de leite e simulação do CNCPS**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

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

OLIVEIRA, M. D. S.; BARBOSA, J. C.; MOTA, D. A.; ANDRADE, A. T. Efeito da hidrólise com cal virgem sobre a composição bromatológica da cana-de-açúcar, **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 1, p. 19 - 27, 2008 b.

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

ØRSKOV, E. R. **Nutrición Proteica de Los Ruminantes**. ACRIBIA, S. A., Zaragoza, España. 1988. 178p.

ØRSKOV, E. R. Starch digestion and utilization in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1624 – 1633, 1986.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. (Ed). **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. 1993. p. 145 - 171.

PACHECO, P. S.; RESTLE, J.; VAZ, F. N.; FREITAS, A. K.; NEUMANN, M.; ARBOITTE, M. Z. Avaliação econômica em confinamento de novilhos jovens e superjovens de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 309 - 320, 2006.

PANCOTI, C. G. **Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio, em diferentes tempos de hidrólise, na alimentação de novilhas Holandês x Zebu**. 2009. 101f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PARAZZI, C.; BOLSANELLO, J. Estudos preliminares de deterioração de cana-de-açúcar, na região de Campos. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DE TÉCNICOS AÇÚCAREIROS DO BRASIL, 1979, Maceió. **Anais...** Maceió: STAB, 1979. p. 489 - 492.

PENNING, P. D.; ROOK, A. J.; ORR, R. J. Patterns of ingestive behavior of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. **Applied Animal Behavior Science**, v. 31, [s.n], p. 237 - 250, 1991.

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

PINA, D. S. **Avaliação nutricional da cana-de-açúcar acrescida de óxido de cálcio em diferentes tempos de armazenamento para bovinos**. 2008. 103f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; AZEVEDO, J. A.; BARBOSA, A. M.; VALADARES, R. F. D.; DETMAN, E. Efeitos da inclusão e dos tempos de exposição da cana-de-açúcar ao óxido de cálcio sobre os parâmetros digestivos e fisiológicos de novilhas nelores. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 7, p. 1579 - 1586, 2010.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; RIBEIRO, L. S. O. Chemical treatment of roughage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 192 - 203, 2010 (suplemento especial).

PIRES, M. F. A.; VILELA, D.; ALVIM, M. J. **Instrução técnica para o produtor de leite: comportamento alimentar de vacas holandesas em sistemas de pastagem ou em confinamento**. Coronel Pacheco, MG: Embrapa Gado de Leite, 2001. 2p.

POLLI, V. A.; RESTLE, J.; SENNA, D. B.; ALMEIDA, S. R. S. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 25, n. 5, p. 987 - 993, 1996.

PRESTON, T. R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v. 54, n. 4, p. 877 - 883, 1982.

REIS, R.; CARNEIRO DA SILVA, S. Consumo de forragens. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 79 - 109.

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**, Viçosa, v. 22, n. 5, p. 787 - 793, 1993.

RESTLE, J. **Comportamento reprodutivo do rebanho de gado de corte da fazenda experimental de criação experimental agrônômica da UFRGS**. 1972. 96f. Seminário (Disciplina de Técnicas de Pesquisas) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1972.

RESTLE, J.; PACHECO, P. S.; COSTA, E. C.; FREITAS, A. K.; VAZ, F. N.; BRONDANI, I. L.; FERNANDES, J. J. R. Apreciação econômica da terminação em confinamento de novilhos Red Angus superjovens abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 978 - 986, 2007.

CARVALHO, G. G. P. **Cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio em dietas para ovinos, caprinos, novilhas e vacas em lactação**. 2008. 304f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

RODRIGUES, A. A. Potencial e limitações de dietas a base de cana-de-açúcar e uréia para recria de novilhas e para vacas em lactação. In: II SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 1999, Belo Horizonte. **Anais...** p. 65 - 75.

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

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá, 2001. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001, p. 41 - 63.

SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal Nutrition**, v. 32, n. 2, p.199 - 208, 1974.

SANTOS, M. C. **Aditivos químicos para o tratamento de cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 113f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

SAS Institute. **Statistical analysis system user’s guide**. Version 8.02. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2001.

SFORCINI, M. P. R. **Silagem de milho, cana-de-açúcar in natura e hidrolisada, para vacas em lactação**. 2009. 76f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

SINOHARA, P.; CELIDONIO, O. **Boletim semanal**. Instituto Mato-grossense de Economia Agrícola, Campo Grande, n. 47, 2008. 3p.

SILVA, J. F. C. O ruminante e o aproveitamento de subprodutos fibrosos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 8 - 15, 1984.

SILVA, L. P. da. **Composição química de trigo e de aveia e efeito dos teores e proporções de fibra alimentar sobre a resposta biológica de frangos de corte e ratos**. 2002, 188f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SILVA, C. J. F.; LEÃO, M. I. **Fundamentos da nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. 384p.

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

SILVA, R.; SILVA, F. I.; PRADO, G.; CARVALHO, I.; FRANCO, F.; MENDES, C.; CARDOSO, A.; PINHEIRO, D. S. Metodologia para o estudo do comportamento de bezerras confinadas na fase de pós-aleitamento. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 14, n. 4, p. 135 - 138, 2006.

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

SOBREIRA, G. F. Uso de cana-de-açúcar hidrolisada: alternativa para alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 3, n. 2, p. 318 - 321, 2006.

TECNICAL COMMITTEE ON RESPONSES TO NUTRIENTES. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Ser. B, Farnham Royal, v. 61, p. 573 - 612, 1991.

TEIXEIRA JR, D. J. **Hidrólise da cana-de-açúcar com cal virgem e cal hidratada na alimentação de vacas leiteiras**. 2008. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2008.

THIAGO, L. R. L.; VIEIRA, J. M. **Cana-de-açúcar: uma alternativa de alimento para a seca**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2002. (Comunicado Técnico, 73).

THEANDER, O.; WESTERLUND, E.; AMAN, P.; AMAN, P.; GRAHAM, H. Plant cell walls and monogastric diets. **Animal Feed Science and Technology**, Elsevier, v. 23, n. 2, p. 205 - 225, 1989.

VALADAARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G de. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 151 - 182.

VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, G. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v. 82.p. 2686 - 2696, 1999.

VALADARES, R. F. D.; GONSALVES, L. C.; RODRIGUEZ, M. M. et al. Proteína em dietas de bovinos. 4. Concentração de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções

de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 1270 - 1278, 1997.

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

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

VERBIC, J.; CHEN, X. B.; MACLEOD, N. A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v. 114, p. 243 - 248, 1990.

VIEIRA, P. F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídeos em rações**. 1980. 98f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

WEISS, W. P. Method estimates available energy value for ruminants. **Feedstuffs**, v. 9, p. 13 - 14, 1993.