



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

EDWARD ZACKM

**DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN SITU* DE ALGUNS  
COMPONENTES NUTRITIVOS DA CANA-DE-AÇÚCAR  
(*SACCHARUM OFFICINARUM* L.) ENSILADA**

---

Londrina  
2008

**EDWARD ZACKM**

**DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN SITU* DE ALGUNS  
COMPONENTES NUTRITIVOS DA CANA-DE-AÇÚCAR  
(*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) ENSILADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Leandro das Dores Ferreira da Silva

Londrina  
2008

**EDWARD ZACKM**

**DEGRADABILIDADE RUMINAL *IN SITU* DE ALGUNS  
COMPONENTES NUTRITIVOS DA CANA-DE-AÇÚCAR  
(*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) ENSILADA**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Leandro da D. Ferreira da Silva  
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

---

Prof. Dr. Édson Luís Azambuja Ribeiro  
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

---

Prof. Dr. Vanderlei Bett  
Colégio Agrícola de Apucarana

Londrina, 15 de agosto de 2008.

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, a Deus, que em sua infinita bondade, me deu forças para que chegasse até aqui.

À Universidade Estadual de Londrina, ao Departamento de Zootecnia e Fazenda Escola, pelo auxílio e oportunidade de realização do Mestrado.

Ao prof. Leandro da Dores Ferreira da Silva, pela orientação e acima de tudo, paciência nos momentos difíceis enfrentados.

Ao corpo docente da UEL onde, além de ensinamentos, os professores nos passam a real sensação de amizade.

À Pró-Campo Suplementos Minerais, pelo suporte oferecido durante a realização da pós-graduação assim como aos sócios e amigos Fernando Pereira e Remenegildo Ferretto Jr.

Aos estagiários e auxiliares, que foram fundamentais na realização do experimento, que souberam conduzir com competência e responsabilidade, em especial ao estudante Rondineli Barbero.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Nutrição Animal, pela ajuda valiosa na condução das análises, em especial a mestre Ana Paula de Souza Fortaleza, pela competência e profissionalismo.

Ao colega Valdecir Castro, pelo auxílio nas análises estatísticas, fundamental na conclusão do trabalho.

A meus pais Ricardo e Aida, assim como toda a família, que estiveram comigo em todos os momentos, incentivando, apoiando e acima de tudo confiando.

Aos amigos e colegas que colaboraram e apoiaram de algum modo, esta jornada.

A minha esposa, Síntia, pelo amor, companheirismo, paciência e acima de tudo, compreensão na conquista de um sonho.

Aos filhos, Ricardo e Carolina, que apesar da pouca idade, souberam entender como foram essenciais nesta caminhada. A vocês dedico esta conquista.

Muito obrigado!!

ZACKM, Edward. **Degradabilidade Ruminal *in situ* de alguns componentes nutritivos da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.) ensilada**. 2006. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sobre a degradação ruminal e determinar o fracionamento da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagem de cana-de-açúcar submetidas a cinco tratamentos, sendo um controle (sem aditivos) e os demais tratados com hidróxido de cálcio (0,6%), inoculante bacteriano (109 UFC/g), hidróxido de sódio (1,0%) e uréia pecuária (1,0%). Foram utilizados cinco bovinos  $\frac{1}{2}$  sangue Simental-Zebu, fistulados no rúmen e distribuídos em bloco, em esquema de parcelas subdivididas representadas pelos tempos de incubação, alimentados com dieta contendo uma relação de volumoso:concentrado de 76%:24%. A degradabilidade potencial dos tratamentos estudados variou de 51,14% a 89,74% para MS; 57,20% a 87,12% para MO; 79,50% a 95,01% para PB; 52,43% a 88,44% para a FDN e 51,14% a 82,57% para a FDA. Os aditivos aplicados à cana-de-açúcar resultaram em alterações significativas para o hidróxido de sódio e pequenas alterações em relação aos demais tratamentos.

**Palavras-chave:** Aditivos. Conservação de forragem. Cinética ruminal. Degradabilidade potencial. Degradabilidade efetiva.

ZACKM, Edward. **Degradabilidade Ruminal *in situ* de alguns componentes nutritivos da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.) ensilada.** 2006. 50f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the addition of additives in the ensiling of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) on the ruminal degradation and to determine the fractions of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of sugar cane silages that received as additives calcium hydroxide (0,6%), bacterial inoculants (109 CFU/g), sodium hydroxide (1,0%), urea (1,0%) and a control, with no additives. Five ½ Simmental-Zebu rumen-cannulated steers were used, in randomized blocks with split-plot arrangement and fed on a 76%:24% (DM basis) roughage:concentrate diet. The potential degradability ranged from 51,14% to 89,74% for DM; 57,20% to 87,12% for OM; 79,50% to 95,01% for CP; 52,43% to 88,44% for NDF and 51,14% to 82,57% for ADF. The additives used in the silages influenced, in a significant form, the results for sodium hydroxide and slight alterations for the other additives.

**Keywords:** Additives. Forage conservation. Ruminal kinetics. Potential degradability. Effective degradability.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Produção de etanol e alterações nas concentrações de carboidratos solúveis e de fdn entre a ensilagem e a abertura dos silos.....	12
<b>Tabela 2</b> – Composição química bromatológica dos ingredientes usados na ração (%ms) .....	30
<b>Tabela 3</b> – Porcentagem dos ingredientes e composição química bromatológica da ração experimental (%ms).....	30
<b>Tabela 4</b> – pH e composição bromatológica das silagens experimentais (%ms).....	35
<b>Tabela 5</b> – Valores das frações solúveis (a), insolúvel potencialmente degradável (b), indigestível (c), taxa de degradação (KD), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (dp), degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS).....	35
<b>Tabela 6</b> – Valores das frações solúveis (a), insolúvel potencialmente degradável (b), indigestível (c), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da matéria orgânica (mo).....	38
<b>Tabela 7</b> – Valores das frações solúveis (a), insolúvel potencialmente degradável (b), indigestível (c), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da proteína bruta (PB) .....	40
<b>Tabela 8</b> – Valores das frações solúveis (a), insolúvel potencialmente degradável (b), indigestível (c), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da fibra detergente neutro (FDN) .....	41
<b>Tabela 9</b> – Valores das frações solúveis (a), insolúvel potencialmente degradável (b), indigestível (c), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da fibra detergente ácido (FDA).....	45

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	8
REVISÃO DE LITERATURA .....	10
Silagem de Cana-de-Açúcar .....	10
Cinética Ruminal .....	16
REFERÊNCIAS .....	19
OBJETIVOS.....	23
Objetivo Geral .....	23
Objetivos Específicos .....	23
<b>DEGRADABILIDADE RUMINAL IN SITU DE ALGUNS COMPONENTES</b>	
<b>NUTRITIVOS DA CANA-DE-AÇÚCAR (SACCHARUM</b>	
<b>OFFICINARUM L.) ENSILADA .....</b>	<b>24</b>
RESUMO .....	25
ABSTRACT .....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS .....	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
CONCLUSÕES.....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48



## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é utilizada há muito tempo como cultura forrageira pelos pecuaristas no Brasil. Levantamentos realizados na década de 50 relataram que 75% dos estabelecimentos produtores de leite utilizavam esta forragem na alimentação dos rebanhos. Recentemente, a cana-de-açúcar tem sido fundamental, como alimento volumoso, para terminação de bovinos de corte em confinamentos, pois apresenta uma série de características desejáveis, tais como: grande produção de forragem por unidade de área (80 a 150 t/ha/MV.); custo de produção relativamente baixo por tonelada de matéria seca (MS); manutenção do valor nutritivo por até 6 meses após a maturação (LANDELL, 2002); época de colheita coincidente com o período de escassez de forragem nas pastagens, atingindo produções entre 15 a 20 t de nutrientes digestíveis totais (NDT) por hectare, enquanto o milho, o sorgo e a mandioca que produzem em média 8 t de NDT/ha (MELLO et al., 2005).

O fornecimento de cana-de-açúcar como suplemento volumoso, no período de estiagem é uma prática interessante, considerando-se a disponibilidade de forragem neste período crítico. As principais desvantagens quanto ao seu uso são os baixos teores de proteína e de minerais, além de elevado teor de fibra rica em lignina. A viabilidade da sua utilização requer o desenvolvimento de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa, para torná-la mais digestível (EZEQUIEL et al., 2005).

Algumas características desta forrageira levam os animais a apresentarem baixo consumo voluntário, o que limita o desempenho produtivo dos animais, sendo associado à baixa degradação ruminal da fibra presente neste alimento, o que provoca acúmulo de fibra não digestível nesse compartimento, limitando assim o consumo pelo efeito da repleção ruminal. Nesse sentido, fica clara a importância de, ao utilizar cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes, procurar variedades que apresentem melhor degradação dos componentes fibrosos.

No entanto, a utilização do potencial produtivo da cana-de-açúcar em larga escala requer o corte de talhões de forma concentrada. Neste sentido, a ensilagem representa boa solução operacional, por eliminar o corte diário, o que possibilita rebrota mais uniforme e maior eficiência dos tratamentos culturais. Além disso, evitam-se sobras de um ano para o outro e reduz os riscos de perdas por fogo ou geada. Porém, o processo de produção e fornecimento

da silagem de cana-de-açúcar aos animais envolve perdas consideráveis, devido às características fermentativas deste material, podendo até inviabilizar esta opção.

Atualmente, a cana-de-açúcar tem sido usada na alimentação dos bovinos na forma *in natura*, principalmente na seca. Contudo a silagem de cana-de-açúcar tem sido pouco usual, mas, pode ser recomendada quando se deseja aproveitar a cana em seu estágio de maior valor nutritivo (época seca) para o uso durante o ano todo (MELLO et al., 2005).

A técnica de degradabilidade *in situ*, avalia os parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos por meio do desaparecimento da massa de amostra incubada e, de acordo com vários pesquisadores (MEHREZ; ORSKOV, 1977; ORSKOV et al., 1980), é um método preciso, simples e rápido para determinar o valor nutritivo de um alimento. Esta técnica é recomendada pelo AFRC (1993) como metodologia padrão para caracterização da degradabilidade ruminal do nitrogênio, pelo fato de fornecer as melhores comparações com os resultados *in vivo*. Embora a técnica tenha sido mais amplamente empregada para estudos de degradabilidade de proteína, a dinâmica ruminal de outros nutrientes pode também ser avaliada.

De acordo com Van Soest (1994), embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem, não há melhor forma de simulação do ambiente ruminal para um dado regime de alimentação do que a técnica *in situ*, isto porque esta técnica permite o contato íntimo do alimento teste com o ambiente ruminal.

## REVISÃO DE LITERATURA

### SILAGEM DE CANA-DE-AÇÚCAR

O uso tradicional da cana-de-açúcar, com cortes diários e fornecimento imediato da forragem fresca aos animais vem encontrando diversas dificuldades de manejo, conforme abordado na introdução. Esse sistema tem possibilitado alternativas com base na utilização de aditivos químicos imediatamente após a colheita da forragem e armazenamento desta em ambiente protegido.

Primeiramente, a utilização do aditivo químico sugere a redução da frequência de corte, possibilitando cortes em dias alternados, o que facilitaria as atividades dentro da propriedade, reduzindo a demanda de mão-de-obra. Embora a manipulação da forragem tratada se constitua em demanda adicional.

Um outro fator relevante seria o efeito do aditivo na fração fibrosa da planta após picagem, resultado da ação hidrolítica dos aditivos químicos sob os componentes da parede celular, podendo resultar em alimento com menor concentração de FDN.

O hidróxido de sódio (NaOH) é um dos produtos químicos mais eficientes no tratamento de volumosos e por muitos anos foi utilizado por produtores na hidrólise da cana-de-açúcar. Devido à alguns inconvenientes na sua utilização, tais como toxidez ao manipulador e elevado custo, outros agentes alcalinizantes passaram a ter interesse para a produção animal (BERNARDES, 2007).

Recentemente, tem-se observado o uso da cal virgem (CaO) e da cal hidratada (CaOH) no tratamento da cana-de-açúcar *in natura*. Como há crescente interesse, vários estudos estão sendo desenvolvidos com o intuito de fornecer uma posição segura para esta alternativa de manejo.

O óxido de cálcio (cal virgem micropulverizado) pode reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina e contribuir para a preservação de nutrientes solúveis por inibir o desenvolvimento de leveduras que atuam sobre a massa ensilada, amenizando a perda de valor nutritivo durante a ensilagem e após a abertura do silo. No entanto, resultados de trabalhos científicos com esse produto são escassos e essas alternativas precisam ser investigadas (BALIERO NETO et al., 2007).

Domingues et al. (2006) avaliaram as alterações nas frações fibrosas da cana-de-açúcar *in natura* tratada com diferentes doses de cal virgem em solução aquosa (0; 0,5; 1; 1,5 e 2,0%) durante a exposição ao ar. Santos et al. (2005) avaliou o efeito da adição de diferentes doses de cal virgem (0; 0,5; 1 e 1,5%) em cana-de-açúcar, aplicados a seco ou diluídos em solução aquosa (40 litros por tonelada de cana fresca), exposta em diferentes intervalos de tempo. Os dois estudos concluíram que a dose acima de 1,0% (10 kg de cal para cada tonelada de forragem tratada) promove a solubilização da fibra no momento da aplicação, ou seja, ocorre redução nas concentrações de FDN. Entretanto, a exposição da forragem ao ar por períodos acima de 6 horas leva ao consumo de carboidratos solúveis, mesmo nas doses mais altas, o que acarreta elevação da fração FDN. Portanto, o efeito benéfico da solubilização ocorrido no momento da aplicação acaba sendo consumido por microrganismos aeróbios quando a forragem permanece exposta ao ar, não havendo saldo positivo pelo efeito do aditivo.

Segundo Oliveira (2007), considerado apenas o efeito de cal na cana *in natura*, notou-se que, à medida que aumentou o nível de cal, houve queda significativa na Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) da cana-de-açúcar ( $P < 0,01$ ). Na silagem, apenas o nível de 0,5% de cal proporcionou aumento na DIVFDN ( $P < 0,01$ ). Este fato demonstrou que não há necessidade da utilização de 1,0% de cal para hidrólise da cana *in natura*.

De acordo com o exposto, permite-se concluir que se torna inconveniente a exposição da cana-de-açúcar por períodos acima de 6 horas, uma vez que ocorre aumento nas concentrações de fibra e redução de açúcares solúveis, acompanhado de aquecimento da massa e, ainda, tornando a forragem susceptível a deterioração microbiana e perdas de MS. Santos et al. (2005) ainda ressalta que o modo de aplicação do aditivo (à seco ou diluído) não apresenta diferença entre as variáveis que foram avaliadas.

A constatação de que a ensilagem da cana-de-açúcar, normalmente resultava em produtos de baixa qualidade, devido ao intenso desenvolvimento de leveduras e à grande produção de etanol (Tabela 1), levou a comunidade científica e produtores a buscarem tratamentos que permitam a melhorar este cenário. Diversos aditivos químicos e inoculantes estão sendo eficientes no controle de perdas e melhorando o desempenho animal, quando comparados à silagem de cana-de-açúcar sem aditivo.

No caso da ensilagem da cana-de-açúcar, é preciso conhecer o quanto um aditivo pode melhorar o processo fermentativo, a deterioração aeróbia, o consumo voluntário, a digestibilidade, o desempenho animal e a viabilidade econômica. Infelizmente são poucos

trabalhos na literatura que abordam todos esses aspectos, sendo que normalmente, os estudos se limitam aos aspectos ligados à análise química-bromatológica, não permitindo uma posição segura quanto à utilização destes em larga escala.

Segundo Schmidt et al. (2004) o etanol residual provoca rejeição no consumo, principalmente na fase inicial, logo após o fornecimento da silagem ao animal, pois com o decorrer do tempo de exposição ao ar das silagens no cocho o etanol é volatilizado. Portanto, se o desejo for controlar o crescimento de leveduras e a produção de etanol em silagem de cana-de-açúcar o produtor deve fazer uso de aditivos químicos ou microbianos.

**Tabela 1** – Produção de etanol e alterações nas concentrações de carboidratos solúveis e de FDN entre a ensilagem e a abertura dos silos

Carboidratos solúveis		FDN		Etanol	Referência
Ensilagem	Abertura	Ensilagem	Abertura		
% MS					
-	-	42,1	54,9	6,9	Bernardes et al. (2007)
<b>20,4</b>	3,0	52,9	67,1	4,8	Santos (2007)
<b>22,7</b>	1,8	52,9	73,7	7,9	Queiroz (2006)
<b>11,7</b>	3,8	55,5	66,0	-	Schmidt (2006)
-	-	54,9	-	-	Freitas (2006)
-	-	52,1	75,3	-	Siqueira (2005)
-	-	57,3	64,5	-	Pedroso (2003 <sup>a</sup> )
<b>23,3</b>	6,8	55,5	-	-	Pedroso (2003b)
-	-	48,8	-	-	Azevedo (2003)
-	-	48,5	-	-	Fernandes (2003)
<b>19,7</b>	2,5	-	-	-	Neto (2003)
-	-	-	-	7,8	Silva (2003)
-	-	34,9	-	-	Molina et al. (2002)
-	-	-	-	7,8	Andrade et al. (2001)
<b>31,4</b>	4,4	50,3	67,5	-	Alcântara et al. (1989)
<b>47,1</b>	1,0	-	-	11,0	Alli et al. (1983)
-	-	-	-	7,5	Kung & Stanley (1982)
-	-	29,9	-	8,9	Alli & Backer (1982)
-	-	-	-	5,5	Preston et al. (1976)

Adaptado de Maldonado, J.G.M. ( 2007 ).

Oliveira et al. (2004) ressalta a significativa melhoria na digestibilidade da cana tratada com hidrólise alcalina, destacando a propriedade tamponante que os volumosos adquirem com o tratamento, o que confere segurança e estabilidade na alimentação de ruminantes. Esta tecnologia pode ser utilizada conjuntamente com a adição de uréia e outros aditivos na alimentação dos animais, melhorando assim o resultado final.

Os agentes alcalinizantes como o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de cálcio (CaOH), a amônia anidra (NH<sub>3</sub>) e mais recentemente o óxido de cálcio (CaO) são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade das palhas e/ou co-produtos agrícolas, como por exemplo o bagaço de cana-de-açúcar (PIRES et al., 2004).

Segundo Nussio e Schimidt (2004), na ensilagem da cana-de-açúcar, a obtenção de resultados técnicos e econômicos positivos depende, invariavelmente, da escolha correta do aditivo a ser usado. Nesse sentido, resultados de estudos com vários aditivos químicos e bacterianos são encontrados na literatura na ensilagem de culturas como milho e sorgo.

Siqueira (2005) concluiu em seu trabalho que a ensilagem de cana-de-açúcar sem aditivos é uma estratégia que apresenta grandes perdas quantitativas e qualitativas, que devem ser evitadas pelos produtores.

Oliveira et al. (2004) trabalhando com silagem de cana tratadas com 0,5% de cal observaram menores perdas quando comparada ao controle. Balieiro Neto et al. (2005) avaliaram diferentes doses deste aditivo e concluíram que a aplicação de 2% de cal resultou em silagens com menores perdas, menores concentrações de fibra e maior digestibilidade. Roth (2005) citado por Bernardes (2008), estudou o efeito da cal em silagens de cana crua e queimada, e, conclui que a dose de 1% foi eficiente no controle de perdas nas duas silagens. Santos et al (2005) avaliou o efeito da cal virgem, do calcário e do gesso em silagens de cana, sendo que a cal virgem aplicada na dose de 1,5% promoveu efeitos benéficos na fermentação e após a abertura. De forma prática e de acordo com os resultados observados, a utilização da cal virgem entre 1 a 1,5% pode ser utilizada como ferramenta para melhorar o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar.

A uréia vem sendo utilizada como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar, com o intuito de corrigir a deficiência de nitrogênio (proteína bruta) e promover o controle de leveduras pela ação antifúngica da amônia. Schmidt et al. (2007) ressalta que após quase três décadas, a ensilagem de cana teve sua retomada, inicialmente enfocando o uso da uréia como aditivo, devido a facilidade de obtenção e aplicação desse produto, sendo que os trabalhos têm sido realizados com doses variando entre 0,5 a 2% da massa verde.

Pedroso (2003) avaliou doses de uréia (0; 0,5; 1,0 e 1,5%) na ensilagem da cana-de-açúcar e observou redução nas perdas de MS nas silagens tratadas com 1,5% de uréia. Em outro estudo, avaliando a dinâmica de fermentação, Pedroso (2003) constatou que durante 144 dias, as silagens tratadas com 0,5% de uréia sempre produziram menos etanol que as silagens não tratadas.

Embora, a maioria dos estudos tenha encontrado desempenho favorável da uréia no controle da fermentação etanólica, nas avaliações realizadas por Siqueira (2005) e Siqueira et al. (2007) este aditivo não apresentou efeitos positivos, principalmente nas doses acima de 1,5%. De forma prática, doses entre 0,5 e 1% são mais efetivas em reduzir perdas fermentativas, uma vez que, com doses superiores o poder de tamponamento exercido pela uréia torna-se crítico ao processo de conservação.

Os agentes alcalinizantes atuam solubilizando parcialmente a hemicelulose, promovem o fenômeno conhecido como entumescimento 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 a cristalinidade da celulose, aumentando a digestão desta e da hemicelulose. A justificativa para o emprego de álcalis reside no fato de a lignina de gramíneas ser particularmente suscetível ao ataque hidrolítico dos mesmos, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (VAN SOEST, 1994), ainda de acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico, mas a ação deste leva ao aumento da taxa de digestão da fibra.

Os inoculantes bacterianos abrangem a classe de aditivos com mais rápido desenvolvimento e adoção em todo o mundo, devido principalmente à facilidade de manipulação, ausência de toxicidade para os mamíferos e grande disponibilidade no mercado. O princípio básico de atuação destes produtos é de incrementar a população de bactérias homofermentativas e que elas sejam capazes de competir com a microbiota epifítica existente na forragem, de maneira que se possa elevar a concentração de ácido lático.

Na teoria, a utilização dos inoculantes bacterianos promove a elevação na eficiência fermentativa (relação superior ácido lático/acético), diminuindo a proteólise e a deaminação da proteína, com o uso mais adequado dos carboidratos solúveis e, conseqüentemente, maior retenção de nutrientes na silagem.

Kung e Muck (1997) resumiram os resultados de estudos realizados com o uso de inoculantes contendo bactérias lácticas entre os anos de 1990 a 1995 e verificaram que em 60% dos casos houve menor pH e maior fermentação láctica; também em similar percentagem houve menor produção de amônia, mostrando melhor preservação da proteína. Em aproximadamente 30% dos casos houve aumento de cinco unidades percentuais na digestibilidade da matéria seca e, de 67 experimentos consultados, em 28% deles houve elevação no consumo. Com relação ao desempenho animal, 53% dos casos apresentaram aumento no ganho de peso e 47% elevação da produção de leite.

Segundo Kung et al. (2003), estes resultados devem ser analisados com cautela, porque algumas condições de estudo variam significativamente quanto à viabilidade do inoculante a cultura, espécie de bactéria e concentração de umidade da forragem. Ainda segundo os autores, numerosos estudos onde as respostas dos inoculantes são negativas, em geral, não são publicados. O desempenho superior dos animais que são alimentados com silagem inoculada ainda é causa desconhecida entre a comunidade científica. Alguns trabalhos indicam a hipótese que as bactérias presentes nos inoculantes possam propiciar um efeito probiótico ou também interagir com as bactérias ruminais (WEINBERG et al., 2002), melhorando a funcionalidade do rúmen e, conseqüentemente, o desempenho animal.

Até a metade da década de 90 o principal objetivo das indústrias era desenvolver tecnologias a base de bactérias homofermentativas. Entretanto, o meio científico iniciou pesquisas com uma cepa heterofermentativa (*Lactobacillus buchneri*), com o objetivo de empregar alternativas que controlam leveduras e fungos.

Segundo Pahlow et al. (2003), as bactérias heteroláticas fermentam glicose, produzindo ácido láctico e etanol, sendo que a frutose é fermentada a ácido láctico, acético e manitol. Contudo, a espécie *L. buchneri* não possui a enzima acetaldeído desidrogenase, responsável pela redução de acetaldeído a etanol. Desse modo, a produção de etanol é praticamente nula e, conseqüentemente, ocorre aumento na concentração de ácido acético como produto final de sua fermentação.

A fermentação heterolática pode ser considerada desvantajosa, devido à possibilidade de maiores perdas de matéria seca durante o processo fermentativo e também porque elevada concentração de acetato na massa ensilada poderia reduzir o consumo voluntário por parte dos animais. Entretanto, onde a penetração de ar no silo não pode ser controlada adequadamente (áreas periféricas) e na redução da produção de etanol, como ocorre em silagens de cana-de-açúcar, algum incremento no controle de perdas pode ser obtido utilizando este microrganismo.

O ácido acético é considerado um composto pouco eficiente, quanto à função em reduzir o pH da silagem. No entanto, a sua ação ocorre sobre o metabolismo de leveduras e fungos filamentosos. Segundo Davidson (1997), citado por Bernardes (2008), este ácido em pH inferior ao seu pKa (4,73) permanece na forma não dissociada, onde a membrana dos microrganismos se torna permeável a ele, ocorrendo a entrada do ácido na célula via transporte passivo. Dentro da célula, o ácido é dissociado ( $\text{RCOO}^- + \text{H}^+$ ) devido ao pH ser próximo de 7,0, liberando íons  $\text{H}^+$ , o que reduz o pH intracelular. Para manter a acidez



constante, o microrganismo deve eliminar os íons H<sup>+</sup>, o que acarreta gasto de energia neste processo, retardando o seu crescimento e podendo chegar à morte da célula.

Pedroso et al. (2007) constataram redução nas perdas de matéria seca de 18,2 para 8,05% em silagens aditivadas com *L. buchneri* quando comparada à silagem sem aditivo. Siqueira et al. (2007) avaliaram alterações químicas durante a fermentação e a exposição aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos (uréia, benzoato de sódio e NaOH) associados ou não a inoculantes bacterianos (*L. buchneri*, *L. plantarum* e *Propionibacterium acidipropionici*) e concluíram que como aditivo químico se destaca o NaOH e como bacteriano o *L. buchneri* e sua associação com *P. acidipropionici* pelas menores perdas de carboidratos e valores superiores de digestibilidade.

## CINÉTICA RUMINAL

Muitos trabalhos têm sido realizados para avaliação do uso de aditivos em silagens de cana-de-açúcar. Entretanto, a maioria destaca a composição químico-bromatológico das silagens, as perdas decorrentes do processo de conservação e desempenho de animais. Contudo, ainda são incipientes os dados sobre a degradação de nutrientes das silagens e os parâmetros fermentativos no rúmen de animais alimentados com esses volumosos (SCHMIDT et al., 2007), dados estes que podem revelar detalhes relevantes a serem utilizados no processo de ensilagem da cana-de-açúcar.

Em silagens de cana-de-açúcar, a fermentação alcoólica, mediada pela população de leveduras epífitas característica desta cultura, pode representar perdas de MS superiores a 35%, em decorrência da produção de duas moléculas de CO<sub>2</sub> e duas de etanol (volátil) para cada molécula de glicose metabolizada. O elevado metabolismo e a perda da fração de carboidratos solúveis (CHO) provoca aumento centesimal relativo das demais frações da forragem, notadamente os componentes da parede celular (SCHMIDT et al., 2007). Dados apresentados por Siqueira (2005) revelaram aumento médio de 36,5% no teor de FDN das silagens em comparação à cana fresca.

As gramíneas possuem variação genética significativa quanto à configuração anatômica e à degradabilidade de seus tecidos. De acordo com Queiroz et al. (2000), a proporção de esclerênquima é a característica anatômica mais correlacionada à degradabilidade da MS. Correlações positivas altamente significativas foram observadas entre

a proporção de bainha parenquimática dos feixes vasculares, tecido vascular lignificado e esclerênquima e os teores de FDN, FDA e lignina das gramíneas, enquanto as proporções de mesófilo e epiderme, tecidos em maior proporção nas folhas, se correlacionam negativamente a esses componentes. Esta morfologia pode explicar, em parte, as variações na qualidade da forragem, de modo que a composição química de cada órgão influencia a proporção dos diferentes tecidos que o compõem (MELLO et al., 2006).

De modo prático, considera-se que as características que interessam às indústrias sucro-alcooleiras também são interessantes aos pecuaristas, para alimentação de seus rebanhos. Assim sendo, além do conhecimento sobre as variedades que possuem as características mais atraentes, devem-se conhecer também detalhes sobre as frações fibrosas e variáveis da cinética de degradação dos nutrientes e confrontá-las em estudos químico-bromatológicos, degradabilidade e testes de desempenho.

Apesar de a cana-de-açúcar apresentar elevada fração “a” (açúcares solúveis), o que promoveria rápido crescimento microbiano no rúmen, essa forrageira apresenta baixa taxa de degradação ruminal da fibra potencialmente degradável “b”, o que pode reduzir a ingestão de MS e a disponibilidade de energia, limitando o desempenho produtivo dos animais (FERNANDES et al., 2001).

Com a ingestão dos alimentos, os microrganismos ruminais podem associar-se ou aderir-se às partículas dos alimentos em tempos variáveis. As bactérias e protozoários aderem às partículas por volta de cinco minutos após a ingestão dos alimentos. A aderência dos microrganismos ao substrato é o passo inicial do processo de digestão, que apenas se inicia quando os microrganismos penetram na superfície das partículas dos alimentos, de modo que possam acessar seus substratos (VALADARES FILHO; PINA, 2006).

McDonald (1981) sugeriu a existência de uma fase anterior ao início do processo de degradação, onde a colonização microbiana teria começado, mas não a ponto de causar quebra no material incubado e denominou-o *lag time* ou *lag phase*, o qual poderia ser denominado tempo de colonização

A técnica de degradabilidade *in situ*, avalia os parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos por meio do desaparecimento da massa de amostra incubada e, de acordo com vários pesquisadores (MEHREZ; ORSKOV, 1977; ORSKOV et al., 1980), é um método preciso, simples e rápido para determinar o valor nutritivo de um alimento. De acordo com Van Soest (1994), embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem, não há melhor forma de simulação do ambiente ruminal para um dado regime de alimentação do que a técnica *in situ*,

isto porque esta técnica permite o contato íntimo do alimento teste com o ambiente ruminal, permitindo obtenção de informações quantitativas sobre a taxa e extensão da degradação ruminal de nutrientes usadas no estabelecimento de modelos de predição de consumo e fermentação ruminal.

## REFERÊNCIAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International. P. 119, 1993.

BALIERO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, 2007.

BALIERO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R. et al. Pós-abertura de silagem de cana-de-açúcar cv.IAC 86/2480 (*saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42,2005, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. CD-ROOM.

BERNARDES, T.F. **Cana-de-açúcar para Alimentação Animal**: produção, balanceamento de rações e desempenho: Curso Online. Disponível em: <http://www.agripoint.com.br>. Acesso em: 27 mar. 2008.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R. et al. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 269- 275, 2007.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R. et al. Efeitos das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microorganismos da cana-de-açúcar “in natura”. In: 43 Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João pessoa, PB. 2006. **Anais...** 43 Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, CD-ROOM, 2006.

EZEQUIEL, J.M.B; QUEIROZ, M.A.A.; GALATI, R.L. et al. Processamento da Cana-de-Açúcar: Efeitos sobre a Digestibilidade, o Consumo e a Taxa de Passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1704 - 1710, 2005.

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

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

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

KUNG JR, L.; MUCK, R.E. Animal response to silage additives. In: field to feedbunk – North American Conference, Hershey, PA. **Proceedings...**, New York: NRAES-99.p.200-210. 1997.

KUNG JR, L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. et al. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.251-304.

LANDELL, M.G.A. A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal. **Série Tecnologia APTA**, Campinas, Boletim técnico IAC n. 193, 2002.

MALDONADO, J.G..M. **Associação de aditivos químicos e microbianos no controle de fermentação e estabilidade aeróbia em silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.

McDONALD, I. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.96, n.1, p.251-252,1981.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v. 88, p. 645-650, 1977.

MELLO, A.C.L.; LIRA, M.A.; DUBEUX JR. J.C.B. et al. Degradação da matéria seca de clones de capim-elefante em função da relação folha-colmo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1316 - 1322, 2006.

MELLO, S.Q.S.; REIS, J.G.; FRANÇA, A.F.S. et al. Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da silagem de cultivares de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005. Goiânia. **Anais...**Goiânia, 2005. CD-ROOM.

NUSSIO, L.G.; SCHIMDT, P. **Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar**. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...**Maringá: UEM/CCA/DZO, 2004. p.1-33.

OLIVEIRA, M.D.S. **Cana Hidrolisada: Produtividade de carne e leite com baixo custo.** Disponível em <<http://www.hidrocana.com.br>> .Acesso em 13. Set.2007.

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

OLIVEIRA, M.W.; MENDES, L.C.; MARQUES, W.P. et al. **Adição de hidróxido de cálcio à silagem de cana.** ZOOTEC 2004, 28 a 31 de maio de 2004, Brasília, DF.

ORSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. D.; MOULD, F. The use of the nylon technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Produce**, v 5, n. 1, p.195-213, 1980.

PAHLOW, G; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar ( *Saccharum officinarum* L).** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003 Tese (doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S. et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1071-1077, 2004.

QUEIROZ, D.S.; GOMIDE, J.A.; MARIA, J. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 2. Anatomia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.61-68, 2000.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; SOUSA, D.P. et al. Estabilidade aeróbia e perda de matéria seca de cana-de-açúcar in natura tratada com níveis crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, CD ROM, 2005.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. et al. Aditivos químicos ou biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5 suppl.0, p. 1666 - 1675, 2007.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; SANTOS, M.C. et al. Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com silagens de cana-de-açúcar inoculados com doses de *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788. In: : REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, 2004. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004. CD-ROOM.

SIQUEIRA, G.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e microbianos**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2005. 92 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2005.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 789 - 798, 2007.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação Ruminal. In: BERCHIELI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funesp, 2006. cap.6, p. 151-179.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. et al. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology**, v.28, p.7-11, 2002.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GERAL**

Este trabalho teve como objetivo determinar o fracionamento e a cinética de degradação de silagens de cana-de-açúcar, submetidas a 5 tratamentos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a composição bromatológica das silagens em estudo;
- Estimar os parâmetros cinéticos da degradação da matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e da proteína bruta das silagens, utilizando a técnica de incubação *in situ*, levando em consideração as taxas de passagem de 3; 5 e 8%/h preconizadas pelo AFRC (1993).



**DEGRADABILIDADE RUMINAL IN SITU DE  
ALGUNS COMPONENTES NUTRITIVOS DA CANA-DE-AÇÚCAR (SACCHARUM  
OFFICINARUM L.) ENSILADA**

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) sobre a degradação ruminal e determinar o fracionamento da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagem de cana-de-açúcar submetidas a cinco tratamentos, sendo um controle (sem aditivos) e os demais tratados com hidróxido de cálcio (0,6%), inoculante bacteriano (109 UFC/g), hidróxido de sódio (1,0%) e uréia pecuária (1,0%). Foram utilizados cinco bovinos  $\frac{1}{2}$  sangue Simental-Zebu, fistulados no rúmen e distribuídos em bloco, em esquema de parcelas subdivididas representadas pelos tempos de incubação, alimentados com dieta contendo uma relação de volumoso:concentrado de 76%:24%. A degradabilidade potencial dos tratamentos estudados variou de 51,14% a 89,74% para MS; 57,20% a 87,12% para MO; 79,50% a 95,01% para PB; 52,43% a 88,44% para a FDN e 51,14% a 82,57% para a FDA. Os aditivos aplicados à cana-de-açúcar resultaram em alterações significativas para o hidróxido de sódio e pequenas alterações em relação aos demais tratamentos.

**Palavras-chave:** Aditivos. Conservação de forragem. Cinética ruminal. Degradabilidade potencial. Degradabilidade efetiva.

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the addition of additives in the ensiling of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) on the ruminal degradation and to determine the fractions of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) of sugar cane silages that received as additives calcium hydroxide (0,6%), bacterial inoculants (109 CFU/g), sodium hydroxide (1,0%), urea (1,0%) and a control, with no additives. Five ½ Simmental-Zebu rumen-cannulated steers were used, in randomized blocks with split-plot arrangement and fed on a 76%:24% (DM basis) roughage:concentrate diet. The potential degradability ranged from 51,14% to 89,74% for DM; 57,20% to 87,12% for OM; 79,50% to 95,01% for CP; 52,43% to 88,44% for NDF and 51,14% to 82,57% for ADF. The additives used in the silages influenced, in a significant form, the results for sodium hydroxide and slight alterations for the other additives.

**Keywords:** Additives. Forage conservation. Ruminal kinetics. Potential degradability. Effective degradability.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é utilizada há muito tempo como cultura forrageira pelos pecuaristas no Brasil. Levantamentos realizados na década de 50 relataram que 75% dos estabelecimentos produtores de leite utilizavam esta forragem na alimentação dos rebanhos. Recentemente, a cana-de-açúcar tem sido fundamental, como alimento volumoso, para terminação de bovinos de corte em confinamentos, pois apresenta uma série de características desejáveis, tais como: grande produção de forragem por unidade de área (80 a 150 t/ha/MV.); custo de produção relativamente baixo por tonelada de matéria seca (MS); manutenção do valor nutritivo por até 6 meses após a maturação (LANDELL, 2002); época de colheita coincidente com o período de escassez de forragem nas pastagens, atingindo produções entre 15 a 20 t de nutrientes digestíveis totais (NDT) por hectare, enquanto o milho, o sorgo e a mandioca que produzem em média 8 t de NDT/ha (MELLO et al., 2005).

O fornecimento de cana-de-açúcar como suplemento volumoso, no período de estiagem é uma prática interessante, considerando-se a disponibilidade de forragem neste período crítico. As principais desvantagens quanto ao seu uso são os baixos teores de proteína e de minerais, além de elevado teor de fibra rica em lignina. A viabilidade da sua utilização requer o desenvolvimento de métodos de tratamento que promovam o rompimento da estrutura da fração fibrosa, para torná-la mais digestível (EZEQUIEL et al., 2005).

Algumas características desta forrageira levam os animais a apresentarem baixo consumo voluntário, o que limita o desempenho produtivo dos animais, sendo associado à baixa degradação ruminal da fibra presente neste alimento, o que provoca acúmulo de fibra não digestível nesse compartimento, limitando assim o consumo pelo efeito da repleção ruminal. Nesse sentido, fica clara a importância de, ao utilizar cana-de-açúcar na alimentação

de ruminantes, procurar variedades que apresentem melhor degradação dos componentes fibrosos.

No entanto, a utilização do potencial produtivo da cana-de-açúcar em larga escala requer o corte de talhões de forma concentrada. Neste sentido, a ensilagem representa boa solução operacional, por eliminar o corte diário, o que possibilita rebrota mais uniforme e maior eficiência dos tratos culturais. Além disso, evita-se sobras de um ano para o outro e reduz os riscos de perdas por fogo ou geadas. Porém, o processo de produção e fornecimento da silagem de cana-de-açúcar aos animais envolve perdas consideráveis, devido às características fermentativas deste material, podendo até inviabilizar esta opção

Atualmente, a cana-de-açúcar tem sido usada na alimentação dos bovinos na forma *in natura*, principalmente na seca. Contudo a silagem de cana-de-açúcar tem sido pouco usual, mas, pode ser recomendada quando se deseja aproveitar a cana em seu estágio de maior valor nutritivo (época seca) para o uso durante o ano todo (MELLO et al., 2005).

A técnica de degradabilidade *in situ*, avalia os parâmetros cinéticos da degradação ruminal dos alimentos por meio do desaparecimento da massa de amostra incubada e, de acordo com vários pesquisadores (MEHREZ; ORSKOV, 1977; ORSKOV et al., 1980), é um método preciso, simples e rápido para determinar o valor nutritivo de um alimento. Esta técnica é recomendada pelo AFRC (1993) como metodologia padrão para caracterização da degradabilidade ruminal do nitrogênio, pelo fato de fornecer as melhores comparações com os resultados *in vivo*. Embora a técnica tenha sido mais amplamente empregada para estudos de degradabilidade de proteína, a dinâmica ruminal de outros nutrientes pode também ser avaliada.

De acordo com Van Soest (1994), embora o alimento não esteja sujeito a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem, não há melhor forma de simulação do

ambiente ruminal para um dado regime de alimentação do que a técnica *in situ*, isto porque esta técnica permite o contato íntimo do alimento teste com o ambiente ruminal.

Neste sentido, foi conduzido um experimento visando determinar o fracionamento e a cinética de degradação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a cinco tratamentos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido nas instalações da Unidade de Estudos com Ruminantes (UNER) da Fazenda Escola (FAZESC) da Universidade Estadual de Londrina (UEL).

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), do Departamento de Zootecnia (DZOT), Centro de Ciências Agrárias (CCA) da UEL, Londrina-Pr.

Para avaliação da degradabilidade *in situ* das silagens de cana, foram utilizados 5 bovinos machos, ½ sangue simental/nelore, castrados, com peso médio de 480 kg e 24 meses, providos com cânula ruminal. Os animais no início do período experimental foram everminados.

Os animais foram alojados durante todo período experimental em baias individuais cobertas, providas de comedouros e bebedouros, sendo os 10 primeiros dias para adaptação dos animais às condições experimentais. O período experimental teve início em 11/07/07 e finalizado em 14/08/07, divididos em 5 períodos, cada período teve duração de 7 dias. Os animais foram distribuídos em blocos, de cinco tratamentos com esquema de parcelas subdivididas, representadas pelos tempos de incubação.

A ração completa foi composta por uma relação de volumoso: concentrado de 72:28% (MS), balanceado com 12,0% PB. A dieta foi formulada com base no NRC (1989) e utilizando-se programa SPARTAN Ration Evaluator/Balancer for Beef Cattle (1994).

As composições química e bromatológica dos ingredientes usados na formulação da dieta podem ser visualizados nas Tabelas 2 e 3.

O fornecimento da ração completa dos animais foi feito em duas porções diárias, às 8 e às 18 horas, de forma que as sobras nos cochos em um período de 24 horas fossem de 5 a 10% da matéria seca fornecida.

**Tabela 2** – Composição química bromatológica dos ingredientes usados na ração (%MS).

Ingredientes	Silagem de Cana	Farelo de Soja	Milho Triturado
MS	20,37	88,79	88,88
MO	98,79	93,94	98,67
EE	1,34	2,90	3,09
PB	4,50	52,15	10,50
FDN	81,97	9,40	9,38
FDA	51,69	7,51	6,53
Hemic.	30,28	1,89	2,86
LDA <sup>1</sup>	7,96	8,40	0,45
CHT	89,96	38,20	85,08

1- LDA: Lignina obtida por meio de digestão ácida (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 72%).

**Tabela 3** – Porcentagem dos ingredientes e composição química bromatológica da ração experimental.

Ingredientes (MN)	(%)	Nutriente (MS)	%
Silagem de Cana Inoc	92,00	Matéria Orgânica	91,60
Farelo de Soja	4,45	Matéria Mineral	8,40
Milho Triturado	2,85	Proteína Bruta	12,00
Uréia	0,25	Extrato Etéreo	1,10
Mistura Mineral	0,38	Fibra em Detergente Neutro	60,20
Sal Branco	0,07	Fibra em Detergente Ácido	42,40

Para o experimento, foram utilizados 10 mini-silos de PVC, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento com cinco tratamentos de silagem de cana-de-açúcar, cada tratamento com duas repetições. Foi utilizada a variedade RB72-454, proveniente de canteiro da FAZESC, com dois anos de plantio e segundo corte. O material foi picado utilizando-se picador estacionário com 6 (seis) facas no rotor e contra-faca fixa.

Foram estabelecidos amontoados de 12 kg, aos quais foram adicionados os aditivos. A distribuição das soluções, utilizando-se regador, foi feita sobre uma camada de cana de 12 cm de altura previamente espalhado sobre um piso cimentado, sendo cuidadosamente homogeneizado e imediatamente ensilado, simulando a confecção de um silo comercial, utilizando-se soquete de madeira e iniciados no mesmo dia e horário. Os aditivos estão expressos em percentual da matéria natural:

- CN: controle, cana picada sem tratamento.
- HC: cana picada e hidrolisada com hidróxido de cálcio a 0,6% .
- IN: cana picada e tratada com inoculante bacteriano marca comercial “Lactosilo”(compostos por: *Lactobacillus curvatus*; *Lactobacillus plantarum*; *Lactobacillus acidophilus*; *Pediococcus acidilactici* e *Enterococcus faecium*; viabilidade celular de 109 UFC/g/microrganismo), na proporção de 1 frasco (390 g) para 40 ton (matéria verde).
- HS: cana picada e hidrolisada com Hidróxido de Sódio (NaOH) a 1,0% (solução com 50% de NaOH).
- UR: cana picada e tratada com Uréia Pecuária a 1,0%.

Os silos foram lacrados com filme plástico preto de 200  $\mu$  e armazenados em depósito coberto, sobre estrados de madeira. Após 30 dias, todos os silos foram abertos e retirados todo o material, sendo misturados e homogeneizados transformando em uma amostra composta para cada tratamento. O material foi pesado e pré-secado em estufa com ventilação forçada a 55°C  $\pm$  5°C durante 72 h , para determinação da MS (ASA).

O material contendo cada tratamento foi levado ao LANA e moído em moinho estacionário tipo “Thomas-Wiley”, utilizando-se peneira com malha de 2 mm de diâmetro.



Em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos para as análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra detergente neutra (FDN) e fibra detergente ácida (FDA) relacionadas na Tabela 4, segundo metodologias citadas por Silva e Queiroz (2002).

Os sacos utilizados para incubação ruminal foram confeccionados em náilon 100% poliamida, não resinado, com poros de 50 micrômetros de diâmetro, nas dimensões de 14,00 x 7,00 cm, selados por infusão com resistência elétrica. Eles foram secos a 65° C por 24 horas e seus pesos registrados. Posteriormente, foram cheios com aproximadamente 5 g do referido tratamento, pré-secado e moído. Os sacos com amostras foram numerados e atados por uma borracha elástica a um aro metálico que por sua vez prendia-se a uma presilha de contenção. As presilhas estavam ligadas por uma corrente de aço (50 cm de comprimento), com peso aproximado de 500g, preso por um cordão de seda à tampa da cânula. Cada animal recebeu os tratamentos sob o mesmo tempo de incubação, de modo que todos os sacos em um mesmo rúmen fossem retirados de uma só vez.

Os tempos de incubação utilizados foram 144, 96, 72, 48, 24, 12, 6 e 0 horas. Para os tempos de 144 e 96 horas foram utilizados 10 sacos. Para os tempos de 72 e 48 horas foram utilizados 8 sacos. Para os tempos de 24, 12 e 6 horas foram utilizados 6 sacos e para o tempo 0 hora foram utilizados 4 sacos.

Imediatamente após serem retirados do rúmen, ainda presos às correntes os sacos eram lavados em água fria corrente e imersos em água gelada, durante 30 minutos, para interromper a atividade dos microorganismos. Em seguida, eram retirados das correntes e lavados em máquina de lavar, tipo “tanquinho”, até que a água ficasse clara. Após a lavagem, os sacos foram pendurados em um suporte de ferro para secar em estufa com ventilação de ar forçada, com temperatura de 55°C ± 5°C, durante 72 horas. Foram utilizados quatro sacos de náilon contendo amostras de cada tratamento estudado que não foram incubados no rúmen, mas

passaram pelos mesmos procedimentos daqueles com resíduos não digeridos no rúmen, para quantificação das frações solúveis dos diferentes componentes nutritivos dos tratamentos estudados.

Os sacos foram transferidos para o LANA para serem pesados. Descontando-se o peso dos sacos vazios e limpos, determinou-se o desaparecimento da matéria seca no rúmen. Após este procedimento, o material restante nos sacos, de um mesmo tratamento, animal e período de incubação, foram transformados em um “pool” homogêneo, moído em peneira com malha de 1 mm e armazenado em recipientes plásticos vedados, para análises posteriores.

Os resíduos de incubação ruminal e do tempo zero foram moídos em peneira de 1 mm. As análises para determinação da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), foram realizadas segundo Silva e Queiroz, (2002). A Fibra Detergente Neutra (FDN) e Fibra Detergente Ácida (FDA) foram determinadas de acordo com Van Soest et al. (1991).

A fração solúvel (A) de todos os componentes nutritivos avaliados foi obtida pela diferença entre as quantidades contidas inicialmente na amostra dos tratamentos e aquelas determinadas nos resíduos depois de lavados, secos e pesados.

A fração indegradável (C) foi considerada como sendo o resíduo encontrado no saco de náilon após 144 horas de permanência do rúmen.

Para a avaliação da degradação potencial da MS, MO, PB, FDN e FDA foi utilizado o modelo proposto por Orskov e McDonald (1979) obtidos pela seguinte equação:

$$DP = a + b(1 - e^{-kt}),$$

onde,

DP = degradação potencial do componente nutritivo em porcentagem, a = fração solúvel em porcentagem, b = fração insolúvel potencialmente degradável em porcentagem, a

+ b = degradação potencial do componente nutritivo, k = taxa de digestão por ação fermentativa em porcentagem por hora e t = tempo de incubação em horas.

Para estimar a degradabilidade efetiva foi usada a expressão

$$DE = a + b * k(kd + kp)^{-1}$$

sendo,

DE = degradabilidade efetiva em porcentagem, kd = taxa específica de digestão, kp = ritmo de fluxo das frações nutritivas por hora, sendo que foram utilizados os valores de kp de 3, 5 e 8%/hora sugerido pelo AFRC (1993), e a, b e k as mesmas constantes da equação, anteriormente citada.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as diferenças entre médias comparadas pelo teste Tukey através do procedimento GLM do SAS (2003) a 5% de probabilidade, sendo que o modelo estatístico de Fracionamento utilizado foi:

$$Y = \mu + A_i + T_j + E_{ij}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média geral;  $A_i$  = efeito do animal;  $T_j$  = efeito do tratamento;  $E_{ij}$  = erro experimental.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados das silagens experimentais podem ser observados na Tabela 4. Considerando que para a formulação de rações balanceadas para animais ruminantes, apenas a composição bromatológica de um alimento não é suficiente, sendo necessário caracterizar o comportamento deste alimento no ambiente ruminal. Desta forma, é possível sincronizar a digestão ruminal de proteínas e carboidratos, com o objetivo de obter o máximo desempenho dos microrganismos ruminais, redução de perdas nitrogenadas, redução da emissão de metano e estimativa do escape ruminal de nutrientes (SNIFFEN et al., 1992).

**Tabela 4** – pH e composição bromatológica das silagens experimentais (%MS).

Tratamento	pH inicial	pH final	MO	PB	MM	FDN	FDA
CN	5,60	3,72	94,65	4,75	5,35	84,54	66,66
HC	8,77	3,99	93,38	5,75	6,62	79,82	58,29
IN	4,59	3,81	92,04	4,87	7,96	88,28	58,76
HS	11,20	4,87	76,95	5,17	23,05	72,82	46,68
UR	5,58	3,90	94,13	5,73	5,87	82,83	55,66

Os valores para a fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), fração não degradável (C), taxa de degradação por hora (kd), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) estimadas para as taxas de passagem da matéria seca de 3, 5 e 8%/h, sugeridas pelo AFRC (1993) da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido podem ser observadas nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9.

**Tabela 5** – Valores das frações solúveis (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indigestível (C), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da matéria seca (MS).

(%)	Tratamentos					CV (%)
	CN	HC	IN	HS	UR	
A	25,64BC	29,47B	22,85C	45,86A	21,97C	9,19
B	35,06B	37,26B	39,71AB	44,26A	36,42B	6,60
C	39,30AB	33,26C	37,44B	9,88D	41,62A	5,13
kd (%/h)	2,73BC	2,60BC	3,04B	5,02A	1,82C	18,01
LT	3,58BC	3,48BC	3,80AB	4,01A	3,33C	4,61
DP	57,59C	63,03B	60,39BC	89,74A	51,14D	3,04
DE3	42,07C	46,74B	42,84BC	73,54A	35,37D	4,72
DE5	37,83B	42,23B	37,87B	68,01A	31,46C	5,29
DE8	34,44BC	38,65B	33,79C	62,91A	28,63D	5,78

CN – silagem de cana-de-açúcar sem tratamento, HC – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de cálcio, IN – silagem de cana-de-açúcar inoculada, HS – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio, UR – silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia.

A, B, C e D - Médias acompanhadas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

DE3, DE5, DE8 – Degradabilidades efetivas com 3; 5 e 8%/h como valores de taxa de passagem.

CV = coeficiente de variação.

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para as frações solúveis (A), potencialmente degradáveis (B), não degradáveis (C) e para a degradação potencial (DP) para matéria seca (MS) dos tratamentos avaliados

Para a fração A o maior valor observado foi 45,86% para o HS ( $P < 0,05$ ). Isto ocorreu, possivelmente, pela maior disponibilidade de carboidratos solúveis originários da reação de

hidrólise ocorrida. Ezequiel et al. (2005) observaram aumento de 36,8% na digestibilidade para cana tratada com hidróxido de sódio (1,5% com 50% de NaOH), atribuindo este aumento ao ataque hidrolítico às ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular, descrito por Van Soest (1994), indicando também maior preservação destes CHOs, durante o processo de fermentação. Apesar da hidrólise alcalina ocorrido com o HC, não foi observado ganho significativo, inclusive em relação ao CN, não havendo diferença estatística.

Santos (2006), trabalhando com silagem de cana inoculada com *L. buchneri* obteve maior valor (35,34%) da fração A. Estes relatos foram diferentes do observado no presente trabalho, onde o maior valor foi obtido para a fração B, quando tratado com inoculante bacteriano. Isto possivelmente possa ter ocorrido devido às características do *L. buchneri* promover maior controle das leveduras (PEDROSO, 2003), reduzindo as perdas dos CHO solúveis, permitindo maiores concentrações na fração A, altamente solúvel em água. No presente estudo, o IN tratado com inoculante bacteriano, não demonstrou esta mesma capacidade, inclusive apresentando resultado inferior ao CN, sugerindo consumo dos CHOs solúveis pelas bactérias adicionadas via inoculante.

Rossi Jr e Schogor (2006), utilizando silagens de cana: sem tratamento, com 1,0% de uréia e com 1,0% de uréia mais 2,5% de milho, obtiveram resultados de 23,40%, 31,36% e 45,94%, respectivamente para as frações A, B e C da MS para cana sem tratamento, diferente do CN, que apresentou 25,64%, 35,06% e 39,30%, respectivamente, para A, B e C. Isto pode ser explicado em parte pela diferença da variedade utilizada, uma vez que ambas foram colhidas no mesmo período, no mês de abril. Neste mesmo trabalho, os resultados para cana com 1,0% de uréia, obtiveram resultados superiores 33,54%, 24,42% e 42,02% para frações A, B e C, respectivamente. No presente trabalho, verificou-se no tratamento UR, 21,97%, 36,42% e 41,62%, respectivamente, demonstrando que não houve efeito positivo para adição de uréia, para as frações A e B e C, para MS.

Na fração C da MS, o menor valor encontrado foi para o HS, em relação aos demais tratamentos em todos os nutrientes estudados. Considerando ser esta a fração não degradável. Estes resultados sugerem que a hidrólise com hidróxido de sódio aumenta a disponibilidade da MS. A hidrólise com hidróxido de cálcio (HC) foi maior ( $P < 0,05$ ) do que os demais tratamentos (CN, IN e UR), porém distante do observado no HS, revelando possivelmente uma menor extensão da hidrólise da MS por este aditivo. Nos trabalhos de Domingues et al. (2006) e Santos et al. (2005), onde utilizaram o óxido de cálcio, ambos obtiveram os melhores resultados, na solubilização das frações fibrosas, com concentrações acima de 1,0% (solução aquosa na matéria verde), diferente deste trabalho, onde foi utilizado 0,6% de hidróxido de cálcio.

Para o kd (taxa de degradação) da MS, o HS apresentou valor de 5,02%, demonstrando taxa de digestão por ação fermentativa superior aos demais tratamentos, compatível com um *lag-time* (LT) também superior, de 4,01%. Estes resultados demonstram que a presença de um álcali forte promove um período mais longo de espera para iniciar a colonização do material. Este comportamento foi semelhante entre todos os tratamentos, onde um maior kd, demonstrou maior LT, diferente do observado por Schmidt et al. (2007), avaliando aditivos químicos e biológicos em silagens de cana. Também Molina et al. (2002), avaliando degradabilidade de seis genótipos de sorgo, não encontraram este comportamento entre o kd e o LT. No HC, por ser um álcali fraco, houve um LT menor, não diferindo do CN.

Médias para DP de 89,74% e 63,03% ( $P < 0,05$ ) foram observados para os tratamentos HS e HC, respectivamente. Novamente demonstrando maiores valores para o efeito da hidrólise promovida, possivelmente influenciado pelos valores da fração A. O valor de 89,74% para o HS foi superior ao encontrado por Santos (2006) para silagem de milho, de 73,91%, gramínea considerada padrão para estudos comparativos de outras forrageiras ensiladas.

Nas três avaliações da DE da MS (3, 5 e 8%/h), os maiores valores, 73,54%, 68,01% e 62,91% foram observados com HS, seguido do HC, 46,74%, 42,23% e 38,65%, respectivamente. Os demais tratamentos tiveram comportamento semelhante, em termos de decréscimo da DE da MS observada, apesar de diferirem estatisticamente. Em todos os tratamentos, foram observados os maiores valores para DE a 3%/h, revelando que independente do aditivo utilizado, a matéria seca da silagem de cana-de-açúcar tem aplicação nas formulações de dietas de manutenção para ruminantes, (AFRC, 1993), nas proporções volumoso: concentrado utilizadas neste experimento. Sarti et al. (2005) observaram comportamento semelhante para silagens de capim-elefante em comparação com silagem de milho, obtendo valores para DP das silagens de capim inoculada com bactérias de 50,0%, 37,7% e 32,2% e 54,6%, 40,6% e 34,5% para silagem de capim com inoculante enzimo-bacteriano e 65,2%, 55,8% e 51,4% para silagem de milho. Estes valores revelam que as silagens de capim, independente do inoculante utilizado, têm comportamento compatível com forrageiras com altos teores de fibra. Prado et al. (2004), trabalhando com Capim Mombaça encontraram para DE a 2%, 5% e 8%/h os seguintes resultados: 78,6%, 68,9% e 63,1%, respectivamente, revelando comportamento compatível com as forrageiras tropicais.

**Tabela 6** – Valores das frações solúveis (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indigestível (C), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da matéria orgânica (MO).

(%)	Tratamentos					CV (%)
	CN	HC	IN	HS	UR	
A	23,36BC	26,13AB	18,24C	30,95A	24,43B	11,01
B	37,21C	39,97BC	43,06B	56,63A	37,12C	5,51
C	39,43A	33,87B	38,70A	12,39C	38,45A	4,9
kd (%/h)	2,70B	2,57B	3,05B	4,95A	3,04B	14,63
LT	3,66BC	3,56C	3,90B	4,33A	3,68BC	3,45
DP	57,20C	62,48B	58,90C	87,12A	59,24BC	2,73
DE3	40,70B	44,56B	39,93B	66,24A	42,93B	5,13
DE5	31,94B	34,91B	30,96B	53,23A	33,81B	8,29
DE8	28,36B	31,08B	26,53B	46,70A	30,04B	9,66

CN – silagem de cana-de-açúcar sem tratamento, HC – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de cálcio, IN – silagem de cana-de-açúcar inoculada, HS – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio, UR – silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia.

A, B, C e D - Médias acompanhadas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

DE3, DE5, DE8 – Degradabilidades efetivas com 3; 5 e 8%/h como valores de taxa de passagem.

CV = coeficiente de variação.

Avaliando os resultados do fracionamento da matéria orgânica, observa-se comportamento semelhante ao obtido para a matéria seca, havendo diferenças estatísticas nos fracionamentos. Os maiores valores da fração A foram observados para o HS, com 30,95%, não diferindo estatisticamente do HC, com 26,13%, demonstrando efeito da hidrólise da MO. Schmidt et al. (2007) encontraram valores semelhantes ao observado no presente estudo com os maiores valores para cana ensilada (0,5% de uréia), com 31,30% e 30,10% para cana ensilada com *L. buchneri*. Porém ambos diferindo dos valores encontrados por Santos (2006), com 53,80% e 75,99% para silagem de cana e silagem de milho, respectivamente. Esta diferença, considerando silagem de cana inoculada talvez seja explicada pela dieta oferecida aos animais, neste caso mantendo uma relação volumoso: concentrado de 40:60, diferente da relação do presente estudo de 72:28 (dieta de manutenção).

Para a fração C, o HS e HC apresentaram os menores valores, de 12,39% e 33,87%, que diferiram ( $P < 0,05$ ) entre si e dos demais. Estas menores quantidades indegradáveis estão compatíveis com o exposto anteriormente, com relação à hidrólise. A taxa de degradação (kd) diferiram apenas para o HS, com o maior valor, de 4,95%. O IN (inoculante bacteriano) teve valor semelhante ao encontrado por Santos (2006), de 3,05% e 3,08%, respectivamente, revelando comportamento semelhante, apesar da diferença entre marcas comerciais e cepas utilizadas nos experimentos. Schmidt et al. (2007), encontraram valores de kd superiores nos tratamentos com inoculantes, com 3,35% e 3,24%, para *L. plantarum* e *L. buchneri*, respectivamente. No presente trabalho, os resultados de 2,70% e 3,05%, para CN e IN foram menores do que os 3,20% e 3,60%, encontrados por aqueles autores.

Para a DP, os HS e HC apresentaram os maiores valores ( $P < 0,05$ ), de 87,12% e 62,48%, diferindo entre si e os demais. Os tratamentos UR, IN e CN não diferiram ( $P < 0,05$ ), apresentando 59,24%, 58,90% e 57,20%, respectivamente e tiveram comportamento semelhante ao observado por Schmidt et al. (2007), para os mesmos procedimentos, uréia,



inoculante e controle, com 57,80%, 55,90% (*buchneri*), 54,90% (*plantarum*) e 56,20%, respectivamente.

Foi verificada diferença ( $P < 0,05$ ) da degradabilidade efetiva (DE) para 3, 5 e 8 %/h, sendo os valores mais elevados para o HS, em relação aos demais, porém sem significância entre CN, HC, IN e UR. O comportamento da DE observado, neste trabalho, foi semelhante ao observado por Schmidt et al (2007).

A partir da quantidade de matéria orgânica degradável no rúmen (MODR) se pode estimar a produção de massa bacteriana sintetizada neste compartimento digestível. Assumindo-se que 1,0 kg de MODR produzem 30 g de nitrogênio microbiano (NMic), pode-se estimar que a DP da matéria orgânica para os tratamentos podem produzir para: CN, 17,16 g de NMic, HC, 18,74 g de NMic, IN, 17,67g de NMic, HS, 26,14 g de NMic e UR, 17,77 g de NMic. Esta produção estimada de nitrogênio microbiano indica que o tratamento HS exige menores quantidades de suplementação protéica na formulação de dietas para ruminantes.

**Tabela 7** – Valores das frações solúveis (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indigestível (C), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da proteína bruta (PB).

(%)	Tratamentos					CV (%)
	CN	HC	IN	HS	UR	
A	75,65AB	74,74AB	72,46B	78,23A	77,26AB	3,35
B	8,97B	12,30AB	9,14B	17,19A	7,51B	30,68
C	15,38AB	12,95B	18,41A	4,58C	15,22B	11,87
kd (%/h)	2,14B	2,75AB	1,85B	4,08A	2,92AB	32,71
LT	2,19B	2,29AB	1,84B	2,88A	2,05B	15,05
DP	83,09C	85,87B	79,50D	95,01A	84,11BC	1,30
DE3	79,25B	80,54B	75,65C	88,09A	80,81B	1,97
DE5	78,26BC	79,06B	74,71C	85,93A	79,90B	2,33
DE8	77,50BC	77,88BC	74,01C	84,02A	79,17B	2,60

CN – silagem de cana-de-açúcar sem tratamento, HC – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de cálcio, IN – silagem de cana-de-açúcar inoculada, HS – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio, UR – silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia.

A, B, C e D - Médias acompanhadas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

DE3, DE5, DE8 – Degradabilidades efetivas com 3; 5 e 8%/h como valores de taxa de passagem.

CV = coeficiente de variação.

Avaliando os resultados das frações A, B e C para proteína bruta, verifica-se diferença significativa onde o HS, apresentou a fração solúvel mais alta, com 78,23% e a insolúvel, a

menor, com 4,58%, compatível com os resultados dos nutrientes discutidos anteriormente. O HC, tratamento também submetido à hidrólise teve resultados superiores ao CN, IN e UR, sugerindo que, novamente este processo possa ter aumentado a disponibilidade de PB da cana-de-açúcar. Os baixos teores de PB e o fato desta proteína estar basicamente sob a forma de nitrogênio, explicam a alta solubilidade encontrada em todos os tratamentos. O UR, submetido ao tratamento com uréia não diferiu dos demais tratamentos. A adição de uma fonte de nitrogênio (uréia pecuária a 46% N) não alterou os níveis protéicos, sugerindo que a reação de liberação de amônia, ao se dissolver a uréia na água gera perdas significativas de N.

Os possíveis efeitos de uma amonização sobre a estrutura da fibra pode ter sido a solubilização da hemicelulose, o que aumenta a digestão dos componentes da parede celular. Segundo Jackson (1977), a celulose se expande quando tratada com agentes alcalinos e isto reduz as ligações intermoleculares das pontes de hidrogênio, as quais ligam as moléculas de celulose. Parte da lignina e sílica é dissolvida durante a amonização e as ligações intermoleculares do tipo éster entre o ácido urônico da hemicelulose e da celulose são também rompidos (VAN SOEST, 1994).

**Tabela 8** – Valores das frações solúveis (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indigestível (C), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente neutro (FDN).

(%)	Tratamentos					CV (%)
	CN	HC	IN	HS	UR	
A	12,42B	17,83B	16,56B	28,20A	17,12B	24,00
B	42,88B	61,38A	44,32B	61,38A	43,35B	8,42
C	44,70A	39,14B	39,12B	10,42C	39,54B	6,12
kd (%/h)	3,46AB	2,62B	3,52AB	4,36A	2,87AB	23,63
LT	3,87BC	3,60C	3,96AB	4,24A	3,80BC	4,26
DP	52,43C	57,38B	59,09B	88,44A	57,46B	3,19
DE3	34,39B	37,94B	40,22B	64,45A	38,14B	8,04
DE5	29,18B	32,68B	34,64B	56,73A	32,79B	10,13
DE8	24,82B	28,49B	29,93B	49,83A	28,47B	12,14

CN – silagem de cana-de-açúcar sem tratamento, HC – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de cálcio, IN – silagem de cana-de-açúcar inoculada, HS – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio, UR – silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia.

A, B, C e D - Médias acompanhadas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

DE3, DE5, DE8 – Degradabilidades efetivas com 3; 5 e 8%/h como valores de taxa de passagem.

CV = coeficiente de variação.

O HS apresentou média para a fração A da FDN de 28,20%, sendo maior ( $P < 0,05$ ) que os demais tratamentos, demonstrando novamente o efeito da hidrólise sobre os componentes da parede celular. Os demais tratamentos foram similares ( $P > 0,05$ ). Já para a fração B, houve semelhança estatística entre o HC e o HS com valores iguais de 61,38%, os demais não diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). Considerando ser esta a fração potencialmente degradável, este aumento revela maiores quantidades de carboidratos disponíveis para a fermentação ruminal. A revisão feita por Baliero Neto et al. (2007) revela diversos trabalhos onde ocorreu aumento da proporção de constituintes da parede celular, devido à possível redução dos carboidratos solúveis, consumidos pelas bactérias durante o processo fermentativo na ensilagem da cana.

Os valores para A, de 10,90%; 7,23%; 7,34% e 10,30% encontrados por Schmidt et al. (2007) para controle, uréia, *L.plantarum* e *L.buchneri*, respectivamente, quando comparados ao presente trabalho, de 12,42%; 17,12%, e 16,56%, para os tratamentos correspondentes (CN, UR e IN) demonstram que, além de serem superiores para o presente estudo, houve também maior preservação da fração solúvel, em relação ao CN.

Sarti et al. (2005), obtiveram valores de 12,2%, 2,2% e 2,0% para silagem de milho, silagem de capim-elefante com inoculante bacteriano e inoculante enzimo-bacteriano, respectivamente para fração A, revelando que as forrageiras tropicais, mesmo inoculadas possuem baixos teores de frações solúveis. Para a fração potencialmente degradável, com 71,8%; 64,3% e 78,0%, respectivamente, superiores aos constatados no presente estudo, onde 61,38% foi o maior valor da fração B, dos HC e HS. Isto demonstra que mesmo hidrolisada, a cana apesar de ser uma forrageira tropical, não possui as características de CHO estruturais semelhante ao capim-elefante. Prado et al. (2004), trabalhando com gramíneas sob pastejo contínuo, observaram valores de 16,0%, 9,6%, 5,9%, 8,3% e 1,8% para Aveia preta, Estrela roxa (inverno), Estrela roxa (verão), Milheto e Mombaça, respectivamente para a fração A e 73,3%, 40,6%, 44,1%, 63,5% e 66,1%, para a fração B, respectivamente. Estes valores foram

semelhantes aos encontrados por Sarti et al. (2005) para fração B, exceto para a Estrela roxa, demonstrando comportamento da FDN compatível com forrageiras tropicais.

Mello et al. (2005) trabalhando com silagem de cana de nove cultivares, dentre as quais a RB72 454, a mesma utilizada no presente estudo, demonstrou baixos valores da fração A, variando de 0,70% a 2,22%, menor e maior valor, respectivamente, não havendo diferença estatística entre as cultivares. Quando comparado ao CN com 12,42%, há diferença significativa entre os valores, mesmo com relação a RB72 454, com valor de 1,54%. Neste mesmo trabalho, os valores para fração B, variaram de 36,41% a 41,24%, do menor para o maior, respectivamente, havendo diferença significativa. Os valores do presente estudo estão próximos aos encontrados por Mello et al. (2005), para CN, IN e UR, de 42,88%, 44,32% e 43,35%, tratamentos não hidrolisados, porém diferentes de HC e HS, ambos com 61,38%. O comportamento da taxa de degradação (kd) entre os experimentos foi semelhante, inclusive na significância estatística, não havendo diferença, exceto para o HS, do presente trabalho. Os valores encontrados para taxa de degradação (kd) neste estudo, variando de 2,62% (HC) a 4,36% (HS), foram semelhantes aos encontrados por Schmidt et al. (2007) com de 2,79% (controle) a 3,37% (*L. buchneri*). Já considerando o tempo de colonização (LT) as diferenças encontradas entre estes trabalhos foram elevadas variando de 3,60% (HC) a 4,24% (HS), comparado aos valores de Schmidt et al. (2007), de 6,01% (benzoato) a 12,30% (*L. buchneri*). Os valores iguais de 61,38% para o HS e HC não se confirmaram na avaliação da taxa de degradação (kd) desta fração, sendo de 4,36% e 2,62%, para HS e HC, respectivamente. Estes valores revelaram kd mais lenta para HS, além de maior tempo de colonização, resultando em fração residual C menor do que 10,42%. Isto possivelmente é explicado devido às frações fibrosas expostas via hidrólise serem mais extensas, permitindo maior fixação microbiana e conseqüente aproveitamento destas frações para o HS.

A degradabilidade potencial (DP) foi menor ( $P < 0,05$ ) para CN, com 52,43% e maior ( $P < 0,05$ ) para o HS, com 88,44%, sendo que os demais tratamentos apresentaram valores intermediários e que não diferiram entre si. Os valores observados foram superiores aos encontrados por Santos (2006), de 41,56%, 41,64% e 47,80% para cana fresca, silagem de cana inoculada e silagem de milho, respectivamente, e aos encontrados por Schmidt et al. (2007), onde os valores variaram de 42,20% (uréia) a 44,70% (controle). Sarti et al. (2005) encontraram para DP valores de 80,4%, 60,5% e 80,0% para silagem de milho, silagem de capim-elefante com inoculante bacteriano e silagem de capim-elefante com inoculante enzimo-bacteriano, respectivamente.

A degradabilidade efetiva (DE) com  $k_p$  de 3, 5 e 8%/h, diferiu ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, com HS apresentando os maiores valores e os demais tratamentos sem variação. O comportamento da DE foi semelhante aos encontrados por Schmidt et al. (2007), por Santos (2006), por Sarti et al. (2005) e por Prado et al. (2004). Os valores apresentados, no presente estudo, foram maiores do que os 43,1%, 29,1% e 23,8% (SARTI et al, 2005), 33,24%, 24,28% e 20,59% (SANTOS, 2006) e também para capim-mombaça, com 29,0%, 16,2% e 11,6% (PRADO et al., 2004).

A proporção da fração A na FDN e FDA deveria ser próxima a zero por ser uma fração insolúvel. Estes resultados observados podem ser devido a algumas perdas de partículas sólidas durante o processo de lavagem dos sacos de náilon não incubados. O mesmo foi observado por outros autores em silagens de gramíneas tropicais (BALSALOBRE, 2002; PAZIANI, 2004). Os valores obtidos no presente trabalho são superiores aos encontrados por Schmidt et al. (2007), que variaram de 3,14% (benzoato) a 10,60%, que por sua vez estão acima daqueles divulgados por Santos (2006), próximos à zero, com 0,78% e 0,64% para silagem de cana inoculada e silagem de milho, respectivamente.

Já para a fração B foram encontrados valores diferentes ( $P < 0,05$ ) para o HS, com 69,91% e 54,71% para IN, sendo que os demais não diferiram ( $P \geq 0,005$ ). Schmidt et al. (2007), encontraram maior valor para o tratamento com benzoato, com 38,70%. Para controle, uréia e inoculante (*L. plantarum*) foram encontrados valores de 34,90%; 37,30% e 36,50%, respectivamente, ao passo que no presente estudo estes valores foram 31,21%, 36,41% e 54,76%, para controle, uréia e inoculante bacteriano, respectivamente. Santos (2006) para silagem de cana inoculada e silagem de milho encontrou valores de 39,62% e 56,37%, respectivamente.

**Tabela 9** – Valores das frações solúveis (A), insolúvel potencialmente degradável (B), indigestível (C), taxa de degradação (kd), tempo de colonização (LT), degradabilidade potencial (DP), degradabilidade efetiva (DE) da fibra em detergente ácido (FDA).

(%)	Tratamentos					CV (%)
	CN	HC	IN	HS	UR	
A	30,20A	21,78AB	4,98BC	13,81BC	21,97AB	28,84
B	31,21C	40,76C	54,71B	69,91A	36,41C	12,00
C	38,59A	37,45A	41,33A	16,27B	41,63A	7,11
kd (%/h)	2,80B	2,56B	2,79B	4,49A	1,82B	24,99
LT	3,48C	3,61BC	3,99AB	4,39A	3,33C	5,74
DP	58,91B	58,48B	54,79BC	82,57A	51,14C	4,07
DE3	45,05B	40,51BC	30,26D	55,51A	35,37CD	6,69
DE5	41,25AB	35,65BC	23,51D	46,72A	31,46C	8,85
DE8	38,19AB	31,78BC	18,08D	38,83A	28,58C	11,52

CN – silagem de cana-de-açúcar sem tratamento, HC – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de cálcio, IN – silagem de cana-de-açúcar inoculada, HS – silagem de cana-de-açúcar tratada com hidróxido de sódio, UR – silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia.

A, B, C e D - Médias acompanhadas de letras diferentes na mesma linha diferem ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

DE3, DE5, DE8 – Degradabilidades efetivas com 3; 5 e 8%/h como valores de taxa de passagem.

CV = coeficiente de variação.

A degradabilidade potencial (DP) da FDA diferiu ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos, com maior valor observado para HS, com 82,57%. Apesar de se tratarem de componentes da parede celular, não foi observado um comportamento da FDA semelhante ao FDN, exceto para o HS. Schmidt et al. (2007) relata em seu trabalho, que os maiores valores para FDA e FDN foi observado no tratamento controle. No restante da avaliação não houve conformidade. Com relação à degradabilidade efetiva (DE) para 3, 5 e 8%/h, houve para estes autores,

valores muito próximos aos encontrados para o FDN. No presente trabalho, a diferença encontrada foi bastante significativa, em comparação ao FDN. Somente para HS que a significância estatística permaneceu a mesma. Santos (2006) relatou conformidade, dentro do esperado, para o comportamento das frações FDN e FDA. Foi observado os maiores valores concentrados na DE 2%/h, não sendo constatado este comportamento no presente trabalho, exceto o IN onde houve esta mesma concentração.

## CONCLUSÕES

O uso de aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar promoveu alterações na degradabilidade ruminal da MS com aumentos significativos para o Hidróxido de sódio e Hidróxido de cálcio. Estas alterações não revelaram a mesma eficiência nos componentes da parede celular e proteína bruta, exceto para o Hidróxido de sódio. A utilização do hidróxido de sódio está em desuso, devido aos custos e riscos que envolvem a sua manipulação. Porém, neste trabalho a sua utilização foi justificada pela comparação que se procurou fazer com outro agente alcalinizante. O Hidróxido de cálcio, apesar de promover a hidrólise, processo semelhante ao observado no hidróxido de sódio, não demonstrou a mesma capacidade de melhorar os parâmetros ruminais avaliados, em comparação com o Hidróxido de sódio. Há necessidade de outros estudos, com ensaios, envolvendo esta opção de hidrólise para recomendações seguras quanto a sua utilização.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International. P. 119, 1993.

BALIERO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, 2007.

BALSALOBRE, M.A.A. **Valor alimentar do capim Tanzânia irrigado**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

DOMINGUES, F.N.; OLIVEIRA, M.D.S.; SIQUEIRA, G.R. et al. Efeitos das doses de cal (CaO) microprocessada e do tempo após o tratamento sobre a estabilidade aeróbia e dinâmica de microorganismos da cana-de-açúcar “in natura”. In: 43 Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. João pessoa, PB. 2006. **Anais...** 43 Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, CD-ROOM, 2006.

EZEQUIEL, J.M.B; QUEIROZ, M.A.A.; GALATI, R.L. et al. Processamento da Cana-de-Açúcar: Efeitos sobre a Digestibilidade, o Consumo e a Taxa de Passagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1704 - 1710, 2005.

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

LANDELL, M.G.A. A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal. **Série Tecnologia APTA**, Campinas, Boletim técnico IAC n. 193, 2002.

MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**. V.38, n.3, p.437-443, 1997.

MELLO, S.Q.S.; REIS, J.G.; FRANÇA, A.F.S. et al. Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da silagem de cultivares de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, 2005. Goiânia. **Anais...**Goiânia, 2005. CD-ROOM.

MOLINA,L.R.; GONÇALVES,L.C.; RODRIGUEZ,N.M. et al. Degradabilidade *in Situ* da Matéria Seca e Proteína Bruta das Silagens de Seis genótipos de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em Diferentes Estádios de Maturação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 148 - 156, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6th ed. Washington: National Academy Press, 1989. 157 p.

ORSKOV, E. R.; HOVELL, F. D. D.; MOULD, F. The use of the nylon technique for the evaluation of feedstuffs. **Tropical Animal Produce**, v 5, n. 1, p.195-213, 1980.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, P. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, n.2, 499-503, 1979.

PAZIANI, S.F. **Controle de perdas na ensilagem, desempenho e digestão de nutrientes em bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de capim tanzânia**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004. 99 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2004.

PEDROSO, A.F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003 Tese (doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003.

PRADO, I.N.; MOREIRA, F.B.; ZEOLA, L.M. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro de algumas gramíneas sob pastejo contínuo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1332 - 1339, 2004.

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

SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento de cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)** . Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; SOUSA, D.P. et al. Estabilidade aeróbia e perda de matéria seca de cana-de-açúcar in natura tratada com níveis crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, CD ROM, 2005.

SARTI, L.L.; JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F. et al. Degradação ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibra de silagens de milho e de capim-elefante. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2005.

SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; NUSSIO, L.G. et al. Aditivos químicos ou biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5 suppl.0, p. 1666 - 1675, 2007.

SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; ZOPOLLATO, M. et al. Aditivos químicos ou biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 2. Parâmetros ruminais e degradabilidade da matéria seca e das frações fibrosas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1676 - 1684, 2007.

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

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and Protein Availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 3562-3578, 1992.

SPARTAN RATION EVALUATOR/BALANCER. **For Beef Cattle.** Version 1.1b. Michigan. 1994. by: RUST, S; BLACK, R; VANDERHAAR, M.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS® **User's guide.** Cary: SAS Institute, 2003. 956p.

VAN SOEST, P. J. **Nutricional Ecology of the Ruminant.** Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P. J; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583 – 3597. 1991.