



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE SILAGENS
DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS**

GEANDERSON WALDER VIEIRA DA SILVA

2012

GEANDERSON WALDER VIEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE SILAGENS DE
CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Montes
Claros como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, área de concentração
Produção Animal, para obtenção
do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador:

Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior

**UNIMONTES-MG
MINAS GERAIS – BRASIL**

2012

S586a Silva, Geanderson Walder Vieira da.
Avaliação nutricional de silagens de cana-de-
açúcar com aditivos [manuscrito] / Geanderson
Walder Vieira da Silva. – 2012.
119 p.

Dissertação (mestrado em Zootecnia)-Programa
de Pós-Graduação em Produção Animal,
Universidade Estadual de Montes Claros-Janaúba,
2012.

Orientador: Prof. D.Sc. Vicente Ribeiro Rocha
Júnior.

1. Avaliação nutricional. 2. Cana-de-açúcar. 3. Ensilagem. I. Rocha
Júnior, Vicente Ribeiro. II. Universidade Estadual de Montes Claros.

Catálogo: Biblioteca Setorial Campus de Janaúba

GEANDERSON WALDER VIEIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE SILAGENS DE
CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS**

Dissertação apresentada à
Universidade Estadual de Montes
Claros como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, área de concentração
Produção Animal, para obtenção
do título de Mestre em Zootecnia.

APROVADA em 11 de maio de 2012.

Prof. D. Sc. Daniel Ananias de Assis Pires - UNIMONTES

Prof. D. Sc. Eleuza Clarete Junqueira de Sales - UNIMONTES

Prof. D. Sc. Héliida Christhine de Freitas Monteiro - UNIMONTES

Prof. D. Sc. Diogo Gonzaga Jayme - UFMG

Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior

UNIMONTES

(Orientador)

UNIMONTES

MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais (**Gentil e Luzia**), aos meus
afilhados (**Hérick, Luiz Felipe, Ana Júlia e
Gabriel**).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **DEUS** que é o nosso guia e mais fiel companheiro e conselheiro, obrigado pela vida, pela oportunidade de crescimento profissional, pela saúde.

Aos meus amados pais (**Gentil** e **Luzia**), exemplo de luta, força, perseverança; pelo incentivo e apoio em todos os momentos, pelas orações diárias, pelo amor incondicional, pelos conselhos, pela amizade e confiança e por saber que estarão sempre ao meu lado. Que independentemente de qualquer empecilho, como a distância, sempre serão os meus heróis.

Aos meus irmãos, pela amizade e apoio sempre que foi preciso.

Ao professor Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior, agradeço pela oportunidade de realização desta etapa, pelo apoio, oportunidade de trabalhar sob sua orientação e conhecimentos transmitidos.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Daniel Ananias de Assis Pires, pelo apoio e confiança, e conhecimentos transmitidos.

Ao professor Dr. Sidney Tavares dos Reis, pela colaboração nas análises estatísticas.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de Análises de Alimentos, obrigado por estarem presentes na condução deste trabalho, sem vocês as dificuldades seriam maiores. Obrigado ao Malber, César, Jeferson, Ivan, Iana, Laís, Jansen, e aos demais estagiários!

À família Silveira (minha segunda família) obrigado pelo apoio, amizade e acolhimento.

Aos funcionários da fazenda experimental da UNIMONTES, pela colaboração.

A Capes e Fapemig, pelo auxílio financeiro.

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, pela acolhida e oportunidade de realização profissional.

A todos os professores e demais funcionários da UNIMONTES.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	II
LISTA DE TABELAS.....	III
RESUMO GERAL	V
GENERAL ABSTRACT.....	VII
1.0 - INTRODUÇÃO.....	1
2.0 - REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 - HISTÓRICO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	4
2.2 - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR	5
2.3 - ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR	10
2.3.1 - LIMITAÇÕES DA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	11
2.3.2 - UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NA ENSILAGEM DA CANA-DE- AÇÚCAR.....	14
2.4 - DESEMPENHO ANIMAL COM A UTILIZAÇÃO DA CANA-DE- AÇÚCAR COMO VOLUMOSO.....	20
3.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
CAPÍTULO I.....	34
VALOR NUTRICIONAL DAS SILAGENS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS.....	34
RESUMO	35
ABSTRACT	36
1.0- INTRODUÇÃO.....	37
2.0 - MATERIAL E MÉTODOS	39
3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.0 - CONCLUSÕES.....	61
5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
CAPÍTULO II	68
DEGRADABILIDADE <i>IN SITU</i> DAS SILAGENS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS.....	68
RESUMO	69
ABSTRACT	70
1.0 - INTRODUÇÃO.....	71
2.0 - MATERIAL E MÉTODOS	74
3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.0 - CONCLUSÕES.....	100
5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101

LISTA DE ABREVIATURAS

- CS – Carboidratos solúveis
- DE – Degradabilidade efetiva
- DP – Degradabilidade Potencial
- EE - Extrato Etéreo
- FDA – Fibra em Detergente Ácido
- FDN – Fibra em Detergente Neutro
- FRAÇÃO A – Fração Solúvel
- FRAÇÃO B – Fração insolúvel potencialmente degradável
- FRAÇÃO c – Taxa de degradação
- FRAÇÃO FI – Fração Indegradável
- MM – Matéria Mineral ou Cinzas
- MS - Matéria Seca
- NDT – Nutrientes digestíveis totais
- PB – Proteína Bruta

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1	
TABELA 1 – Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	39
TABELA 2 - Valores médios de matéria seca (% MS) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	42
TABELA 3 - Valores médios de proteína bruta (% PB) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	45
TABELA 4 - Valores médios de fibra em detergente neutro (% FDN) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	46
TABELA 5 - Valores médios de fibra em detergente ácido (% FDA) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	49
TABELA 6 - Valores médios de hemicelulose (% HEM) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	50
TABELA 7 - Valores médios de celulose (% CEL) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	52
TABELA 8 - Valores médios de lignina (% LIG) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	54
TABELA 9 - Valores médios de extrato etéreo (% EE) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	56
TABELA 10 - Valores médios de cinzas (% CIN) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	57
TABELA 11 - Valores médios de carboidratos não fibrosos (% CNF) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	59
CAPITULO 2	
TABELA 1 – Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (%MS) e coeficiente de variação (CV) das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	78

TABELA 2 – Porcentagem de desaparecimento da matéria seca (%MS), das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	87
TABELA 3 – Parâmetros da degradação ruminal da proteína bruta (%PB) e coeficiente de variação (CV) das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	88
TABELA 4 – Porcentagem de desaparecimento da proteína bruta (%PB), das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	93
TABELA 5 – Parâmetros da degradação ruminal da fibra em detergente neutro (%FDN) e coeficiente de variação (CV) das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	94
TABELA 6 – Porcentagem de desaparecimento da fibra em detergente neutro (%FDN), das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos	98

RESUMO GERAL

SILVA, Geanderson Walder Vieira. **Avaliação nutricional de silagens de cana-de-açúcar com aditivos**. 2012. 119 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG¹

A cana-de-açúcar é uma forrageira muito importante na nutrição animal. Normalmente, é colhida, picada e fornecida aos animais, diariamente. O seu corte diário apresenta alguns inconvenientes como a demanda de mão de obra, que pode ser reduzida com a ensilagem. No entanto, essa silagem apresenta intensa fermentação alcoólica por leveduras, o que causa redução no seu valor nutricional, sendo necessário algum aditivo que controle a ação dessas leveduras. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade nutricional e a degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar, tratadas com diferentes aditivos. Na avaliação do valor nutricional foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 6 sendo duas variedades de cana-de-açúcar (IAC 86-2480 e RB 86-7515), e cinco aditivos (ureia, NaOH, CaO, milho grão moído e *Lactobacillus buchneri*) mais a silagem-controle (sem aditivo), com três repetições. As doses dos aditivos para cada tratamento em relação à matéria verde foram de: 1% de ureia, 1,5% de NaOH, 2% de CaO, 5% de milho grão moído. Quanto ao inoculante, foi utilizada a cepa NCIMB 40788 do Inoculante comercial silo Max® na dose de $2,5 \times 10^{10}$ UFC/g de forragem. Foram utilizados silos experimentais cilíndricos de PVC. As silagens foram analisadas quanto ao teor de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, hemicelulose, celulose, lignina, extrato etéreo, cinzas e carboidratos não fibrosos. Os aditivos NaOH, CaO e milho elevaram os teores de matéria seca das silagens, e o teor de proteína bruta foi maior apenas nas silagens aditivadas com ureia, enquanto os outros tratamentos não diferiram entre si. O NaOH e o CaO reduziram os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina das silagens, porém, os valores de extrato etéreo não diferiram entre os tratamentos. Os valores de cinzas e carboidratos não fibrosos foram maiores nas silagens com NaOH e o CaO. As silagens aditivadas com NaOH, CaO são de melhor valor nutricional, pois apresentam maior teor de matéria seca e menores teores da fração fibrosa. A variedade IAC 86-2480 apresenta melhor valor nutricional em relação à RB 86-7515, devido ao maior teor de matéria seca e menores teores da fração fibrosa. A degradabilidade *in situ* foi realizada segundo um delineamento em blocos casualizados também em

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientador).

esquema fatorial 2 x 6. No estudo de degradabilidade ruminal, foram utilizados três novilhos mestiços, fistulados no rúmen, com peso médio de aproximadamente 450 kg. Foi utilizada a técnica de sacos de náilon incubados no rúmen. As amostras foram incubadas nos tempos de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Os alimentos e os resíduos remanescentes nos sacos de náilon, recolhidos no rúmen, foram analisados quanto aos teores de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro. Na degradabilidade ruminal, o NaOH e o CaO aumentaram os valores da fração solúvel e a degradabilidade efetiva da matéria seca das silagens. A fração solúvel e a degradabilidade efetiva da proteína bruta foram maiores nas silagens com ureia. Quanto à fração insolúvel potencialmente degradável, à fração indegradável e à degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro, não houve diferença entre os tratamentos. A degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro das duas variedades foi maior nas silagens com NaOH e CaO. As silagens aditivadas com NaOH, CaO são de melhor valor nutricional, visto que apresentam maior degradabilidade efetiva da matéria seca e fibra em detergente neutro. A variedade IAC 86-2480 apresenta melhor valor nutricional em relação à RB 86-7515, devido à maior degradabilidade efetiva da matéria seca.

Palavras-chave: degradabilidade, ensilagem, *in situ*, valor nutritivo

¹ **Comitê de Orientação:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

SILVA, Geanderson Walder Vieira. **Nutritional evaluation of sugarcane silages with additives. 2012. 119 p.** Dissertation (Master's degree in Animal Science) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG. Brasil²

Sugarcane is a very important fodder plant in the animal nutrition. Usually, it is picked, cut and supplied to animals, daily. Its daily cut presents some inconveniences as the labor demand which should reduce by means of silage. However, that silage presents intense alcoholic fermentation by yeasts, causing reduction of its nutritional value, being necessary some additive that controls the action of those yeasts. Thus, this work aimed to evaluate the nutritional quality and the *in situ* rumen degradability of silages of two sugarcane varieties, treated with different additives. In the evaluation of the nutritional value an entirely randomized design was used, with factorial scheme 2 x 6 being two sugarcane varieties (IAC 86-2480 and RB 86-7515), and five additives (urea, NaOH, CaO, milled corn grain and *Lactobacillus buchneri*) plus the control (no additive), with three repetitions. The doses of additives for each treatment in relation to the green matter were of: 1% of urea, 1.5% NaOH, 2% CaO, 5% milled corn grain. As for the inoculant, NCIMB 40788 of Silo Max® commercial Inoculant was used in the dose of 2.5×10^{10} UFC/g of forage. Cylindrical experimental silos of PVC were used. The silages were analyzed as for the content of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose, lignin, ethereal extract, ashes and no fiber carbohydrates. The additives NaOH, CaO and corn elevated the dry matter content of the silages, and the crude protein content was larger just in the silages treated with urea, while the other treatments were not different amongst themselves. The NaOH and CaO reduced the content of neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose and lignin of the silages; however, the ethereal extract values were not different among the treatments. The values of ashes and no fiber carbohydrates were larger in the silages with NaOH and the CaO. The silages treated with NaOH, CaO are of better nutritional value, because they present higher content of dry matter and lower fibrous fraction one. The IAC 86-2480 variety presents better nutritional value in relation to RB 86-7515 one, due to the highest dry matter content and the lowest no fibrous fraction content. The *in situ* degradability was also carried out according to randomized blocks design in factorial scheme 2 x 6. In the study of ruminal degradability, three crossbred steers were used, fistulated in the rumen, with medium weight of approximately 450 kg. The technique of nylon bags incubated in the rumen was used. The

² **Guidance Committee:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – UNIMONTES (Adviser); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires – UNIMONTES (Co-adviser)

samples were incubated in the times of 0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The foods and the remaining residues in the nylon bags, collected in the rumen, were analyzed as for the content of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber. In the ruminal degradability, NaOH and CaO increased the values of the soluble fraction and the effective degradability of the dry matter of the silages. The soluble fraction and the effective degradability of the crude protein were larger in the silages with urea. As for the potentially degradable insoluble fraction, the non degradable fraction and the potential degradability of the neutral detergent fiber, there was not difference among the treatments. The effective degradability of the neutral detergent fiber of the two varieties was larger in the silages with NaOH and CaO. The silages treated with NaOH, CaO are of better nutritional value, because they present larger effective degradability of dry matter and neutral detergent fiber. The IAC 86-2480 variety presents better nutritional value than RB 86-7515 one, due to greater effective degradability of dry matter.

Keywords: degradability, ensilage, *in situ*, nutritional value

² **Guidance Committee:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – UNIMONTES (Adviser); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires – UNIMONTES (Co-adviser)

1.0 - INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos, a cana-de-açúcar já era utilizada como alimento volumoso na nutrição animal, principalmente nos períodos de estiagem em que há escassez de pastagens. Como forrageira, a cana-de-açúcar destaca-se pela alta produção de matéria seca (MS) por hectare (ha) e por apresentar melhor época de colheita justamente no período seco do ano. Além disso, o seu replantio é necessário apenas a cada quatro ou cinco anos. Freitas *et al.* (2006c) relataram que a cana-de-açúcar é um alimento que apresenta algumas limitações, como baixos teores de proteína bruta (PB), de minerais e fibra de baixa degradabilidade ruminal. A correção dos baixos níveis de PB pode ser feita através da adição de nitrogênio não proteico (NNP) como a ureia e uma fonte de enxofre, que são adicionados à cana fresca desintegrada.

A cana-de-açúcar oferecida *in natura*, mediante cortes diários, apresenta alguns inconvenientes, como a contratação de mão de obra diária para cortes, despalhamento, desintegração e transporte, elevando os custos de produção. Por isso, muitos produtores têm optado pela ensilagem como alternativa de utilização dessa forrageira, principalmente em situações onde ela é usada como forragem durante todo o ano, pela perda do valor nutritivo no verão, decorrente do baixo teor de sacarose, pela dificuldade de colheita em dias de chuva e em rebanhos grandes. Adicionalmente, a ensilagem proporciona homogeneização do material ensilado, economicidade de mão de obra, libera a área para rebrota homogênea das plantas, proporcionando melhor cobertura do solo, consequentemente, menores gastos serão necessários para o controle de plantas invasoras (FREITAS *et al.*, 2006b); sendo ainda, a única forma de aproveitar a cana-de-açúcar queimada e prevenir a perda por geada.

A ensilagem da cana tem despertado grande interesse nos últimos anos em face das vantagens em logística e operacionalidade que oferece.

Segundo Amaral *et al.* (2009), a ensilagem da cana-de-açúcar tem sido um tema amplamente estudado, com a finalidade de reduzir a fermentação alcoólica e a perda de valor nutritivo durante o processo fermentativo, uma vez que a elevada concentração de carboidratos solúveis (CS) e a presença de leveduras epifíticas são os principais agravantes na conservação dessa forrageira. Assim, a ensilagem exclusiva de cana-de-açúcar apresenta elevadas produções de etanol, causa recusa pelos animais, perdas significativas de MS, queda na qualidade nutricional, tendo um processo de fermentação ineficiente.

Diferente das culturas do milho e sorgo, para ensilagem de cana-de-açúcar, é necessário algum aditivo químico ou bacteriano que favoreça a fermentação, com o objetivo de reduzir as perdas totais e melhorar o valor nutritivo da silagem obtida (BALIEIRO NETO *et al.*, 2007), já que a cana ensilada exclusivamente apresenta alto nível de etanol, o que inviabiliza o processo de ensilagem devido às perdas observadas dentro e fora do silo. Dessa forma, torna-se importante a utilização de um aditivo para reduzir a produção de álcool e melhorar a eficiência do processo de ensilagem dessa forrageira.

A ensilagem da cana-de-açúcar reduz o teor de carboidratos solúveis em relação à cana-de-açúcar fresca. Dessa forma, espera-se que o consumo de MS seja inferior para as dietas com silagem de cana. Porém, Gentil *et al.* (2007), avaliando a digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros, observaram valores semelhantes de consumo, entre os tratamentos cana *in natura* picada (1,78Kg/dia), silagem de cana-de-açúcar tratada com *Lactobacillus buchneri* (1,64Kg/dia), silagem de cana com 1% de ureia (1,71 Kg/dia) e silagem de cana-de-açúcar tratada com 1,5% de ureia (1,63 Kg/dia) mostrando que a silagem de cana-de-açúcar, quando corretamente suplementada, possibilita alcançar consumos de MS similares ao da cana-de-açúcar fresca. E Queiroz *et al.* (2008), comparando a silagem de cana-de-açúcar com fontes tradicionais de volumosos

suplementares no desempenho de vacas de alta produção, observaram produções semelhantes entre os tratamentos, mesmo quando a produção foi corrigida para 4% de gordura.

A utilização da cana-de-açúcar como volumoso, durante o período de escassez das pastagens, só não é mais frequente porque é pouco estudada para essa finalidade, principalmente quanto à definição de variedades com ciclos de produção diferentes, que sejam mais indicadas à produção de forragem e ao seu manejo (FERNANDES *et al.*, 2003), pois as diferenças em qualidade entre as variedades podem ser elevadas. Uma limitação quanto à utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal é o seu baixo teor de proteína, aliado à baixa digestibilidade da fibra. Na seleção de variedades para serem utilizadas na indústria do açúcar e do álcool, pouca atenção é dada à qualidade da fibra, o que pode afetar de maneira adversa o seu valor nutritivo para bovinos (FREITAS *et al.*, 2006c). Assim, torna-se importante conhecer as divergências nutricionais entre as diferentes variedades de cana-de-açúcar existentes.

Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade nutricional e a degradabilidade ruminal *in situ* das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar tratadas com diferentes aditivos.

2.0 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - HISTÓRICO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é uma planta originada do continente asiático e que foi introduzida no Brasil, logo após o seu descobrimento, ainda no século XVI (MANZANO *et al.*, 2004). O aproveitamento da cana como forragem para alimentação de bovinos é antigo, pois levantamentos da década de 50 relatam que 75% dos estabelecimentos produtores de leite a ofereciam aos animais (OLIVEIRA, 2007).

É uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo tropical, gerando centenas de milhares de empregos diretos e indiretos, sendo uma importante fonte de renda e desenvolvimento nas pequenas propriedades, quer na sua venda direta a usinas e comerciantes de caldo de cana, quer alimentando o rebanho em épocas de escassez de forragem, principalmente em explorações leiteiras (BENDAHAN *et al.*, 2009). Estima-se que 10% da produção brasileira de cana-de-açúcar destina-se à alimentação animal (LANDELL *et al.*, 2002).

O cultivo de cana-de-açúcar caracteriza-se como uma das principais atividades do agronegócio brasileiro, sendo uma planta importante não somente para o setor industrial do açúcar e do álcool, uma vez que relatos de 1913 mencionavam seu uso como fonte de volumoso suplementar aos animais (QUEIROZ *et al.*, 2008).

A cultura da cana no Brasil recebeu grande incentivo, através do programa Proálcool, gerando avanços tecnológicos e lançamento de variedades com maior potencial produtivo de biomassa e açúcar. Consequentemente houve também a expansão da cultura para regiões tradicionalmente pecuaristas e de

produção de grãos, o que criou oportunidade de uso em confinamentos de bovinos de corte (PEDROSO, 2003).

De modo geral, a utilização da cana-de-açúcar tem sido preconizada para sistemas de produção animal. Características agronômicas como, elevado potencial produtivo, adaptabilidade de variedades aos diversos ambientes de produção e resistência a doenças e pragas têm feito da cana uma opção viável para os sistemas de produção. Além dos aspectos agronômicos possui também características favoráveis do ponto de vista zootécnico como, elevada produção de nutrientes digestíveis totais (NDT), baixo custo por tonelada de MS, ponto ideal de utilização coincidente com a época de escassez de forragem e grande amplitude de corte (SANTOS *et al.*, 2008).

2.2 - CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E NUTRICIONAIS DAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Segundo Schmidt e Nússio (2004), a cana-de-açúcar apresenta aumento na digestibilidade da MS com o avançar da idade fisiológica, devido à elevação no teor de carboidratos solúveis e redução relativa no teor de parede celular (fração fibrosa), diferindo-se das outras forrageiras.

A cana como volumoso tem chamado a atenção dos pecuaristas e vem sendo utilizada, preferencialmente, nos confinamentos para terminação de bovinos de corte, por apresentar características como facilidade de cultivo, persistência e manutenção do valor nutritivo por 4-6 meses após a maturação, e época recomendada para colheita no período de escassez de forragem (MURARO *et al.*, 2009).

A nutrição de ruminantes no Brasil possui os volumosos compondo a maior parte da dieta, e a degradabilidade ruminal desses alimentos depende da eficiência microbiana. Desse modo, é de fundamental importância determinar o

suprimento de nitrogênio para os micro-organismos maximizarem a degradabilidade da fibra. A cana-de-açúcar apresenta grande quantidade de carboidratos solúveis, que são rapidamente fermentados no rúmen. Entretanto, a fibra que também constitui porção considerável apresenta baixa e lenta degradabilidade ruminal. Como limitações nutricionais, a cana apresenta ainda baixa disponibilidade de aminoácidos e glicose no intestino, o que reduz o consumo de MS, a baixa porcentagem de nitrogênio na MS, além do baixo teor de minerais, principalmente o fósforo (LIMA e MATTOS, 1995).

Apesar de a cana-de-açúcar conter elevada fração de açúcares solúveis, o que promoveria rápido crescimento microbiano no rúmen, apresenta baixa taxa de degradabilidade ruminal da fibra potencialmente degradável, o que gera redução da ingestão de MS e a disponibilidade de energia, o que limita o desempenho dos animais (FERNANDES *et al.*, 2001).

São vários os fatores que interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, os de maior importância são: a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (CÉSAR *et al.*, 1987). Esses fatores são constantemente estudados sob diferentes aspectos. Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar informações para adequar o melhor manejo e a melhor cultivar para os específicos ambientes (solo e clima), possibilitando a exploração máxima do local para melhorar o rendimento da cultura e obter maior lucratividade ou competitividade da cana-de-açúcar (MARQUES e SILVA, 2008).

Atualmente, o plantio da cana-de-açúcar baseia-se quase que exclusivamente na utilização de variedades, que são híbridos (clones) complexos das espécies do gênero *Saccharum*. A cana atual apresenta um número de cromossomos $2n = 100$ a 135, sendo que mais de 80 deles são provenientes da espécie *Saccharum officinarum* e o restante da espécie *Saccharum spontaneum* (FREITAS, 2005). Isso tem permitido a redução do custo de produção da cana e

aumentado os ganhos em produtividade. Ao avaliar a evolução produtiva da cultura em Minas Gerais, desde a década de 70, verificam-se ganhos anuais de 0,83 toneladas de cana por hectare e 1,37 kg de açúcar por tonelada de cana (BARBOSA, 2000).

Freitas *et al.* (2006c) preconizam que a melhor variedade para a indústria de açúcar é também a melhor para ser utilizada como forrageira, pois apresenta melhor teor de açúcar, interessante para alimentação animal. Contudo, a cana envolve muitas variedades com características bem diferentes e, especificamente quando se destina à alimentação animal, as principais características são a produção de MS, a facilidade de colheita e a qualidade nutritiva. Deve-se observar não apenas o seu teor de açúcar, mas também a qualidade da fibra, uma vez que o baixo consumo voluntário da cana-de-açúcar está associado à baixa degradabilidade de sua fibra no rúmen, o que provoca acúmulo de fibra não degradada, limitando o consumo por repleção ruminal.

Conhecendo as limitações de consumo da cana provocado pelas características de sua fibra e um número elevado de variedades, disponibilizado nos últimos anos, com características melhoradas que buscam atender aos interesses da agroindústria, torna-se importante conhecer a qualidade da fibra e de variáveis de degradação da fibra em detergente neutro (FDN) das diferentes variedades de cana para selecionar aquelas mais divergentes e, posteriormente, confrontá-las em estudos sobre características químico-bromatológicas, degradabilidade e testes de desempenho (AZEVEDO *et al.*, 2003).

Segundo Horii (2004), as cultivares de cana-de-açúcar, devido aos diferentes comportamentos de maturação, são agrupadas em precoces (quando apresentam um teor de Pol acima de 13% no início de maio), médias (quando atingem a maturação em julho) e tardias (pico de maturação em agosto/setembro). Além disso, podem ser consideradas como de período de

utilização industrial (PUI) curto (< 120 dias), PUI médio (120 a 150 dias) e PUI longo (>150 dias).

A variedade RB 86-7515 foi lançada pela Universidade Federal de Viçosa, e resultou do cruzamento da variedade RB 72454 com outra variedade indefinida. Essa deve ser plantada preferencialmente em solos de baixa a média fertilidade para ser colhida em meados de safra, ou bem no final para explorar o rápido crescimento. Tem boa tolerância à seca e, de maneira geral, adapta-se bem em solos arenosos, onde o florescimento e chochamento ocorrem em menor intensidade e favorece sua maturação. O teor de fibra é médio, o PUI é longo e a principal forma de utilização é na indústria (MARQUES E SILVA, 2008).

Conforme Azevêdo *et al.* (2003), a variedade RB 86-7515 é de ciclo de produção intermediário. Esses mesmos autores, avaliando a divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar, encontraram valores de 41,2; 40,2; 2,5 e 58,9%, para degradabilidade potencial da FDN, fração insolúvel potencialmente degradável, taxa de degradabilidade da fração potencialmente degradável e fração indegradável da FDN, respectivamente, aos 426 dias após o plantio. Quanto ao teor de fibra, essa variedade apresentou 50,1% de FDN e 28,4% de fibra em detergente ácido (FDA).

A determinação das frações de FDN potencialmente degradável e não degradável auxilia na estimativa do teor de NDT, que é função, principalmente do teor de FDN do alimento e das suas frações (CABRAL *et al.*, 2005).

Uchôa *et al.* (2009), analisando a resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio em ecossistema de cerrado, relataram que, para a produção, a RB 86-7515 se destacou entre todas as variedades estudadas, por ter apresentado os maiores valores para número de colmos, altura de colmo e diâmetro de colmo, variáveis estas considerados por Landell e Silva (2004) como atributos de produção, determinantes de maior potencial agrícola. Também Marques e Silva (2008), avaliando três cultivares de cana-de-açúcar,

reportaram que o diâmetro superior foi a única variável biométrica que apresentou diferenças, sendo que a RB 86-7515 apresentou os maiores diâmetros. De acordo com Lima e Catâneo (1997), a produtividade da cana-de-açúcar depende desses parâmetros biométricos de crescimento e, portanto, espera-se bom desempenho nessa cultivar.

De acordo com Freitas *et al.* (2006c), a variedade RB 86-7515 é empregada na produção de açúcar e álcool no Brasil, enquanto que a IAC 86-2480 foi desenvolvida exclusivamente para fins forrageiro pelo Instituto Agrônomo de Campinas - IAC.

A variedade IAC 86-2480 é um híbrido interespecífico resultante de cruzamento, envolvendo o parental US 71-399 e uma variedade desconhecida, selecionado em campo de *seedings* instalado em Ribeirão Preto (MARQUES E SILVA 2008). Essa variedade apresenta características de alta produtividade agrícola. É exigente em fertilidade do solo, resistente ao acamamento e tem hábito de crescimento ereto, associado à ausência de florescimento e ciclo precoce (LANDELL, 2002).

A cultivar IAC 86-2480 apresenta índices bromatológicos mais condizentes com cultivares de potencial forrageiro, maiores valores de ENN (extrativo não nitrogenado), de NDT e MM (material mineral) e ainda demonstrou ser classificada como cultivar com menor valor de fibra, fatores interessantes para a utilização como forrageira (MARQUES e SILVA, 2008).

Um parâmetro importante para escolher uma variedade de cana-de-açúcar para ruminantes é a relação entre o seu conteúdo de FDN e o teor de açúcares, sendo que, quanto menor esta relação, melhor a variedade para fins forrageiros. O valor da relação (3,0) tem sido utilizado na avaliação da qualidade nutritiva da cana-de-açúcar a fim de se evitar que o elevado teor de FDN de algumas variedades limite o consumo pelo animal e, conseqüentemente, o consumo de açúcares, componente que fornece a maior parte da energia

digestível da cana (RODRIGUES *et al.*, 2001). Freitas *et al.* (2006c), estudando a divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar, entre elas as variedades IAC 86-2480 e RB 86-7515, relataram que os valores da relação observados para as variedades estudadas mantiveram-se abaixo de 1,8, com média de 1,33.

Landell *et al.* (2002), avaliando a variedade IAC 86-2480 como uma nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros, para uso na alimentação animal, verificaram que esta variedade apresenta maior digestibilidade quando comparada às variedades industriais comumente utilizadas na alimentação de bovinos em confinamento. Silva *et al.* (2005), em ensaio de digestibilidade *in vitro*, observaram que esta variedade apresenta coeficientes de digestibilidade da MS, FDN E FDA 6,11 E 8,5% superiores, respectivamente, em comparação à variedade industrial RB 83-5453, muito utilizada na alimentação de ruminantes.

2.3 - ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR

De acordo com Siqueira *et al.* (2007a), a utilização clássica da cana-de-açúcar é na forma *in natura* cortada e picada diariamente para alimentação animal. Em grandes rebanhos, essa técnica se torna o maior empecilho para utilização desse volumoso, pois os produtores alegam dificuldades operacionais para realização do corte e transporte diários, demandando mão de obra e maquinário específico, o que onera os gastos com a produção do alimento.

A limitação do corte diário tem sido contornada com o uso da ensilagem, concentrando a mão de obra e reduzindo o trabalho com o corte e os deslocamentos diários de máquinas na propriedade (FREITAS *et al.*, 2006a). Na última década, tem-se observado aumento crescente do uso da silagem de cana na alimentação animal, com ganhos em logística operacional e manejo do

canavial, além da melhor qualidade de vida no meio rural que são os principais fatores que impulsionaram essa técnica (SANTOS *et al.*, 2008).

A utilização do potencial produtivo da cana-de-açúcar em larga escala requer o corte de talhões de forma concentrada e a eliminação do corte diário. A ensilagem é uma solução operacional que elimina o corte diário, possibilitando rebrota mais uniforme e maior eficiência dos tratos culturais. Além disso, evita sobras de material de um ano para outro e reduz os riscos de perdas por fogo ou geada (BALIEIRO NETO *et al.*, 2007). Pode colaborar, ainda, para o aumento da produtividade e da vida útil dos canaviais pela maior eficiência nos cuidados pós-colheita, como capina e fertilização.

De acordo com Pedroso *et al.* (2006), a ensilagem torna possível a utilização da cana-de-açúcar fora do período da safra. Segundo Lopes *et al.* (2007), quando realizada a ensilagem da cana, os gastos com mão de obra concentram-se em apenas um período, o que aumenta as vantagens dessa cultura em relação às outras utilizadas para a ensilagem, as quais são colhidas no período chuvoso. Além disso, o ponto de corte da cana ocorre justamente no período seco do ano, o que facilita todo o processo de ensilagem, muitas vezes prejudicado pelas chuvas.

A cana-de-açúcar ainda pode ser ensilada como outras forrageiras, visto que apresenta as principais características necessárias para o processo de produção de silagem: teor de MS em torno de 25 a 30% (sendo o ideal próximo a 34%); teor de carboidratos solúveis próximo a 10% da matéria natural, que permite a queda do pH para valores próximos a 3,5 (FREITAS *et al.*, 2006a).

2.3.1 - LIMITAÇÕES DA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR

Segundo Queiroz *et al.* (2008), devido à grande quantidade de carboidratos solúveis, a cana-de-açúcar é altamente susceptível à ação de leveduras. No ambiente anaeróbio do silo, as leveduras são capazes de gerar perdas significativas de MS em razão da fermentação alcoólica. De acordo com Nussio e Schmidt (2005), o acúmulo de etanol representa não somente perdas do material ensilado, mas também perdas decorrentes da recusa dos animais. Para Paula *et al.* (2009), a cana ensilada apresenta menor aceitabilidade quando comparada à cana *in natura*, como consequência da redução da palatabilidade causada pela alta produção de ácido acético e álcool.

Além de produzir etanol, a fermentação por leveduras gera água, ATP e dióxido de carbono (CO₂), que é bastante significativa. Na ensilagem da cana-de-açúcar perdas por gases têm grande importância, pois são altamente correlacionadas ao teor de etanol (90,3%) e à recuperação de MS (89,3%) (PEDROSO *et al.*, 2006).

Esse etanol produzido, além de diminuir a quantidade de açúcar disponível para as bactérias ácido láticas, também tem efeito negativo sobre o sabor do leite (VALERIANO *et al.*, 2009). Apesar de potencialmente aproveitável como substrato energético para ruminantes, por meio da conversão a acetato no rúmen (CHALUPA *et al.*, 1964), há perda do etanol produzido durante a estocagem (ALLI *et al.*, 1982) e descarregamento do silo.

De acordo com Jobim *et al.* (2007), o teor de etanol relatado em silagens poderia representar apenas uma pequena fração do etanol efetivamente produzido, levando a distorções na interpretação da eficiência de estratégias de controle de etanol em silagens.

Segundo Rooke e Hatfield (2003), a rota metabólica predominante das leveduras é a piruvato descarboxilase acetaldeído e a subsequente redução do acetaldeído a etanol. De acordo com McDonald *et al.* (1991), essa rota fermentativa proporciona perdas de 48,9% de MS e 0,2% de energia. A pequena

perda energética é resultante da contabilização do etanol como fonte de energia, embora nem todo etanol produzido pela fermentação esteja presente na silagem no momento de sua oferta aos animais.

A maioria dos fungos e das leveduras necessita de oxigênio para seu crescimento. Todavia, algumas espécies de leveduras se desenvolvem em condições anaeróbias, podendo manter altas populações nessas condições, em decorrência da fermentação dos açúcares (WALKER, 1998). As leveduras dominam o processo fermentativo em silagens de cana-de-açúcar, em que, na maioria das vezes, não são inibidas pela redução do pH no alimento e possuem a habilidade de crescer em intervalos de pH variando de 2 a 8. Essa característica possibilita a esses microrganismos ocuparem diferentes nichos ambientais, quando comparados às bactérias (MCDONALD *et al.*, 1991)

A fermentação alcoólica resulta da presença de leveduras que utilizam açúcares e ácido láctico, sendo também competidoras das bactérias produtoras de ácido láctico no início do processo fermentativo. Ocorre, portanto, a produção de etanol, que não tem valor preservativo para a silagem (WOOLFORD, 1984).

Em silagens de cana, a fermentação alcoólica, mediada pela população de leveduras epífitas característica da cana-de-açúcar, representa perda de MS em decorrência da produção de duas moléculas de CO₂ e duas de etanol (volátil) para cada molécula de glicose metabolizada (MCDONALD *et al.*, 1991). O elevado metabolismo e a perda da fração de carboidratos solúveis provocam aumento percentual das demais frações da forragem, notadamente os componentes da parede celular. Dados apresentados por Siqueira (2005) revelaram aumento médio de 36,5% no teor de FDN das silagens em comparação à cana fresca.

Além das perdas durante a fermentação, segundo Siqueira *et al.* (2005), quando as silagens são expostas ao ar, microrganismos oportunistas iniciam atividade metabólica produzindo calor e consumindo nutrientes, de modo que

alguns produtos da fermentação passam a ser substrato, microrganismos que estavam latentes podem dar início ao seu desenvolvimento. Nesse sentido, o desabastecimento do silo e o fornecimento da silagem aos animais se revelam como um importante dreno de MS e energia durante o processo de ensilagem (SIQUEIRA *et al.*, 2007b).

De acordo com Jobim e Gonçalves (2003), a entrada de ar na massa ensilada tem consequências negativas, já que o oxigênio propicia a atuação de microrganismos deterioradores e a redução de açúcares solúveis e ácidos orgânicos, o que resulta em aumento de pH e redução na digestibilidade e no conteúdo de energia. Consequentemente, as silagens deterioradas podem conduzir a perdas econômicas elevadas e baixo desempenho animal. Assim, na tentativa de diminuir a produção de álcool e melhorar as características fermentativas da silagem de cana, pesquisadores têm utilizado aditivos químicos e microbiológicos na ensilagem dessa forrageira (SILVA *et al.*, 2008).

2.3.2 - UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS NA ENSILAGEM DA CANA-DE-AÇÚCAR

No histórico sobre pesquisas com silagens de cana-de-açúcar, observa-se o interesse em identificar aditivos capazes de controlar a produção de etanol nesses volumosos. Alguns trabalhos realizados na década de 80 na América Central já alertavam para a elevada produção desse álcool (SANTOS *et al.*, 2008). De forma geral, os trabalhos realizados apresentavam valores adequados de pH; entretanto, a elevada tolerância das leveduras ao baixo pH justifica os elevados teores de etanol encontrados nessas silagens.

Pesquisas têm sido direcionadas, buscando informações sobre técnicas que modifiquem o processo fermentativo da cana durante a ensilagem, a fim de

se obter fermentação láctica com pequena perda energética, em vez da fermentação alcoólica, mais frequentemente encontrada (BERNARDES *et al.*, 2007).

A ensilagem de cana-de-açúcar sem aditivos tem resultado em perdas de até 30% da MS, o que ocasiona acúmulo de componentes da parede celular e redução da digestibilidade *in vitro* da MS (FERREIRA *et al.*, 2007).

De acordo com Amaral *et al.* (2009), recentemente, a utilização de aditivos químicos, principalmente os alcalinizantes de meio, tem se destacado no processo de conservação da silagem de cana. Tais aditivos alteram a dinâmica fermentativa, modificando o pH e a pressão osmótica da massa de forragem e, conseqüentemente, inibindo o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis durante a fermentação do material ensilado (SANTOS, 2007).

A aplicação de aditivos alcalinizantes como a ureia pode melhorar a qualidade da silagem de cana. A ureia quando em contato com a forragem ensilada, é hidrolizada a amônia, que tem a capacidade de inibir a população de leveduras e fungos minimizando a produção de etanol e as perdas de MS e de CS na silagem (ALLI *et al.*, 1983).

Algumas pesquisas realizadas mostram que níveis de 0,5 a 1,5% de ureia propiciaram bom padrão de fermentação e melhor composição bromatológica, com teores mais elevados de MS associados a menores concentrações de FDN e FDA (LIMA *et al.*, 2002; MOLINA *et al.*, 2002).

Rossi Junior e Schogor (2006), avaliando a degradabilidade *in situ* de cana-de-açúcar ensilada com ureia e milho em diferentes proporções, encontraram diferenças na degradabilidade efetiva, para a silagem de cana aditivada com ureia (45,17%), para a silagem de cana pura (38,23%) e silagem de cana com ureia mais 2,5% de milho (49,95%), respectivamente.

Outro aditivo alcalinizante que tem sido utilizado com algum sucesso é o óxido de cálcio, que favorece a preservação de nutrientes solúveis, já que inibe o

desenvolvimento de leveduras que atuam sobre a massa ensilada, minimizando a perda de valor nutritivo durante a ensilagem e após a abertura do silo (BALIEIRO NETO *et al.*, 2007).

Preconiza-se que a utilização do óxido de cálcio (CaO) proporciona a hidrólise alcalina da cana-de-açúcar *in natura*, com objetivo de elevar a digestibilidade da fração fibrosa e a estabilidade aeróbia da cana-de-açúcar *in natura* picada. Ribeiro *et al.* (2009) relataram que doses de CaO promoveram aumento linear na digestibilidade da MS da cana-de-açúcar, em que cada unidade adicionada à cana aumentou 4,1% na digestibilidade.

Roth *et al.* (2006), estudando o efeito da adição de óxido de cálcio em silagens de cana-de-açúcar *in natura* e queimada, concluíram que a dose de 1% foi eficiente em controlar as perdas das duas silagens. Santos *et al.* (2008) também avaliaram o efeito do óxido de cálcio em silagens de cana-de-açúcar, concluindo que o óxido de cálcio aplicado na dose de 1,0% promoveu efeitos benéficos na fermentação.

Substâncias fortemente alcalinas também modificam o processo de fermentação das silagens. Silagens de cana-de-açúcar tratadas com 3 a 4% de NaOH apresentaram melhor composição bromatológica, redução acentuada na produção de etanol (5,2 para 0,9% da MS) e maior teor de ácido láctico (CASTRILLÓN *et al.*, 1978).

Alcântara *et al.* (1989), avaliando o efeito da adição de NaOH na ensilagem da cana-de-açúcar, da cana-de-açúcar fornecida fresca e a silagem não tratada, em trabalho com ovinos, observaram que o desaparecimento *in situ* da MS, após 24 horas de incubação no rúmen, foi de 55,6; 62,7; e 50,2%, respectivamente.

Siqueira (2005) afirmou que a utilização de NaOH em silagem de cana-de-açúcar reduziu as perdas na qualidade dessa silagem. De acordo com Pedroso

et al. (2007), silagens de cana tratadas com NaOH apresentam maiores coeficientes de digestibilidade e menores teores de FDN, FDA e lignina.

A utilização de doses crescentes de NaOH (0; 2,5; 5 e 7,5% da MS), na conservação do bagaço de cana-de-açúcar durante 1, 3, 5 e 7 dias, foi avaliada por Pires *et al.* (2006) encontrando redução dos teores de fibra, ocasionada pelas doses de NaOH, comprovando, assim, a rápida atuação da hidrólise alcalina.

Pinto *et al.* (2007), analisando a degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio, relataram que a degradabilidade efetiva da MS foi maior na cana tratada com 6% de NaOH (49,39%), em relação à cana sem tratamento (44,06%).

A pesquisa também tem buscado estudar aditivos microbiológicos em silagens com o objetivo de inibir o crescimento de microrganismos aeróbios (especialmente aqueles associados com instabilidade aeróbia, ex. leveduras, *Listeria*), inibir o crescimento de organismos anaeróbios indesejáveis como enterobactérias e clostrídeos, inibir a atividade de proteases e deaminases da planta e de microrganismos, adicionar microrganismos benéficos para dominar a fermentação, formar produtos finais benéficos para estimular o consumo e a produção do animal e minimizar as perdas de MS da forragem conservada (KUNG JR *et al.*, 2003).

Os inoculantes microbianos, que são usados como aditivos, incluem as bactérias homofermentativas, heterofermentativas, ou a combinação dos dois tipos. Microrganismos homofermentativos caracterizam-se pela taxa de fermentação mais rápida, com menor proteólise, maior concentração de ácido láctico, menores teores de ácidos acético e butírico, menor teor de etanol, e maior recuperação de energia e MS. Bactérias heterofermentativas utilizam ácido láctico e glicose como substrato para produção de ácido acético e propiônico, os quais são efetivos no controle de fungos, sob baixo pH (ZOPOLLATTO *et al.*, 2009).

Inoculantes contendo a bactéria heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*, que converte o ácido láctico em ácido acético, 1,2 propanodiol, ácido propiônico, dióxido de carbono e traços de etanol (OUDE *et al.*, 2001), têm apresentado eficiência no controle do desenvolvimento de leveduras e no aumento da estabilidade aeróbia das silagens (RANJIT e KUNG JR., 2000). O 1,2 propanodiol, ao ser convertido por outros microrganismos a ácido propiônico, apresenta efeito antifúngico reconhecido (DRIEHUIS *et al.*, 1999). Além disso, outras substâncias antimicrobianas como bacteriocinas também podem ser produzidas por *L. buchneri* (YILDIRIM, 2001). Segundo Pedroso *et al.* (2006), a utilização dessa bactéria na ensilagem da cana proporcionou uma melhor recuperação de MS, redução na produção de etanol e aumento da estabilidade aeróbia das silagens, além de aumento no consumo e no ganho de peso em bovinos.

Pedroso (2003), utilizando aditivos microbiológicos em silagem de cana-de-açúcar, com a adição de *L. buchneri* ($3,64 \times 10^5$ ufc/g de matéria verde), observou diminuição da perda total de MS da silagem, mas não notou redução no teor de etanol produzido.

Pedroso *et al.* (2006), avaliando o desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com silagens de cana-de-açúcar tratadas com diferentes aditivos, citaram que as rações com silagens de cana-de-açúcar tratadas com *L. buchneri* melhoraram o ganho de peso e a conversão alimentar.

Outra forma de melhorar o padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar é a utilização de aditivos que elevem o teor de MS da massa ensilada, uma vez que as leveduras são muito mais sensíveis à atividade de água (A_w) do que ao pH. Assim, os aditivos absorventes de umidade são, normalmente, fontes de carboidratos, cereais, farelos, entre outros, utilizados para elevar o teor de MS das silagens, reduzir a produção de efluentes e aumentar o valor nutritivo das silagens (MCDONALD *et al.*, 1991).

Consoante Andrade *et al.* (2001), a elevação dos níveis de rolão-de-milho como aditivo reduziu a produção de etanol na ensilagem da cana-de-açúcar, demonstrando que o aumento do teor de MS inibe a produção desse álcool, visto que se observou redução de 99% nessa produção, com a elevação do teor de MS de 20,9 para 27,7%. Além disso, dependendo da qualidade nutricional do material utilizado como aditivo absorvente, pode-se melhorar não só o padrão de fermentação, como também o valor nutritivo da silagem.

Bernardes *et al.* (2007), avaliando a adição de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS) na ensilagem de cana-de-açúcar crua e queimada, relataram aumento no teor de MS, tanto na cana crua como na cana queimada, como consequência do alto teor de MS desse aditivo. As silagens adicionadas de MDPS apresentaram menores teores de N-NH₃ e maiores valores de PB, indicando que a redução da Aw das silagens pode provocar menor atividade de clostrídeos. A inclusão do aditivo influenciou também o teor de etanol, com discreta redução concomitante às crescentes quantidades de MDPS. Provavelmente, o que ocorreu com as bactérias do gênero *Clostridium* pode ter acontecido com as leveduras fermentativas, ou seja, a redução da Aw do alimento ocasionou menor atividade fermentativa e, conseqüentemente, menor teor de etanol.

A utilização de aditivo biológico e/ou MDPS teve efeito positivo tanto nas características fermentativas, pela menor produção de etanol, como naquelas relacionadas ao valor nutritivo das silagens (ANDRADE *et al.*, 2000).

Freitas *et al.* (2006b), analisando as características da silagem de cana-de-açúcar acrescida de resíduo da colheita de soja, observaram que o aditivo melhorou a qualidade nutritiva e reduziu as perdas de MS e a produção de etanol, promovendo ainda menores perdas de carboidratos solúveis e, conseqüentemente, menor acúmulo dos componentes da parede celular.

De acordo com Evangelista *et al.* (2002), a adição de farelo de soja na ensilagem da cana-de-açúcar acarretou melhoria nas características nutricionais da silagem. A escolha por qual aditivo utilizar depende, além dos seus efeitos benéficos, da sua disponibilidade e também da sua viabilidade econômica.

Rossi Júnior e Schogor (2006) encontraram maiores valores para degradabilidade efetiva e potencial nas silagens de cana-de-açúcar aditivada com 2,5% de milho.

2.4 - DESEMPENHO ANIMAL COM A UTILIZAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO VOLUMOSO

Magalhães *et al.* (2004), avaliando o desempenho e a viabilidade econômica de vacas em lactação que tiveram a silagem de milho substituída pela cana-de-açúcar em suas dietas, relataram que a produção de leite e a produção corrigida para 3,5% de gordura diminuíram linearmente com a inclusão da cana nas dietas, o que pode ser explicado pela redução nos consumos de MS, PB e NDT. A redução no consumo de MS foi de 0,03 kg para cada unidade de silagem de milho substituída por cana-de-açúcar, chegando a 13,8% no maior nível de substituição.

Moraes *et al.* (2008), ao avaliarem a cana-de-açúcar tratada com CaO fornecida com diferentes níveis de concentrado para novilhas de corte em confinamento, reportaram que o ganho médio diário (GMD) nos animais alimentados com cana tratada foi menor. Além disso, o GMD nos animais alimentados com cana sem CaO (438,98 g/dia) foi 42,2% superior ao das novilhas alimentadas com cana com CaO (308,05 g/dia), já que, o consumo de MS (% PC) entre os animais que receberam cana tratada foi 15,3% inferior ao daqueles que receberam a cana-de-açúcar *in natura* sem adição de CaO. Esses mesmos autores relatam que, o desempenho animal é determinado por vários

fatores, sobretudo pelo consumo, que determina o nível de ingestão de nutrientes.

Abrahão *et al.* (2007), estudando o desempenho de tourinhos mestiços confinados recebendo dietas com cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo, citaram que o maior ganho médio diário (1,70 kg) foi encontrado nos animais tratados com silagem de sorgo e 1% de concentrado, que, conseqüentemente, apresentaram o maior peso vivo final (580,18 kg). Embora os animais alimentados com silagem de sorgo tenham apresentado um maior peso vivo final, não houve diferença quando se comparou o peso de carcaça quente, rendimento de carcaça e conversão alimentar entre os animais alimentados com silagem de sorgo ou com cana-de-açúcar. A ingestão de MS foi maior para os animais alimentados com silagem de sorgo (11,74 Kg/d), em relação àqueles que receberam cana-de-açúcar picada com 1% de concentrado (8,86 Kg/d), e cana-de-açúcar picada com 1,2 % de concentrado (9,83 Kg/d). Esses autores concluíram que a substituição da silagem de sorgo pela cana-de-açúcar reduziu o desempenho dos animais, mesmo com maior nível de concentrado na dieta.

De acordo com Mendes *et al.* (2008), o processo de ensilagem da cana-de-açúcar não alterou as variáveis de desempenho e as características de carcaça de cordeiros confinados. O consumo de MS observado foi de 1,43 kg/dia, 1,39 kg/dia e 1,33 kg/dia para cana *in natura* picada, silagem de cana sem aditivo e silagem de cana aditivada com *L. buchneri*, respectivamente. A utilização da cana na forma de silagem e o uso do inoculante microbiano *L. buchneri* não afetaram o ganho de peso, a conversão alimentar nem os parâmetros de carcaça avaliados dos animais. A conversão alimentar foi de 7,4; 8,1; 7,9 kg MS/kg de ganho de peso de abate e o ganho médio diário foi de 0,194; 0,171; e 0,168 Kg para os tratamentos cana *in natura*, silagem de cana sem aditivo e silagem de cana aditivada com *L. buchneri*, respectivamente. Esses autores concluíram que

a cana-de-açúcar pode ser utilizada na forma de silagem na alimentação de cordeiros em substituição à cana-de-açúcar *in natura* picada diariamente. A utilização do aditivo microbiano contendo o *L. buchneri* não alterou as variáveis de desempenho e características de carcaça dos cordeiros confinados.

Queiroz *et al.* (2008) relataram que em poucos trabalhos são avaliados animais para alto desempenho alimentados com cana-de-açúcar *in natura* ou na forma ensilada. E ao avaliarem a silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção, citaram que a produção de leite foi de 24,6; 24,4; 25,5 e 25,2 kg/dia para as dietas cana-de-açúcar *in natura*, silagem de cana-de-açúcar com *L. buchneri*, silagem de milho e cana-de-açúcar mais silagem de milho (50:50), respectivamente. Os resultados de eficiência foram maiores para os animais alimentados com dietas contendo 50 ou 100% de silagem de milho como fonte de volumoso. Essa eficiência é resultado da relação entre produção de leite corrigida e consumo de MS. Assim, não só a produção de leite como também o teor de gordura são fatores diretamente relacionados a esse parâmetro. Quando alimentados com dietas contendo silagem de milho, os animais apresentaram produções de leite numericamente maiores, além de maior teor de gordura no leite, o que justifica os maiores valores de eficiência obtidos com essas rações. Esses autores concluíram que rações contendo silagem de cana-de-açúcar ou a planta *in natura* atendem às exigências nutricionais de animais leiteiros de alta produção, e que o uso do aditivo bacteriano permite aumento da estabilidade aeróbia da silagem.

Magalhães *et al.* (2004) constataram redução dos custos com alimentação à medida em que a cana-de-açúcar foi incorporada em maiores quantidades nas dietas (100; 90,24; 83,40 e 74,64% para os níveis de 0; 33,3; 66,6 e 100% de substituição, respectivamente). Do nível 0 para 33,3% de cana-de-açúcar no volumoso, as reduções nas receitas (100; 91,34%) e nos lucros

(100; 92,63%) foram ligeiramente menores proporcionalmente em relação aos custos (100; 90,24%). Entretanto, as dietas com 66,6 e 100% de cana-de-açúcar ocasionaram reduções maiores proporcionalmente, tanto nas receitas (78,72; 67,67%), quanto nos lucros (72,23; 58,07%) em relação à redução dos custos (83,40; 74,64%). Os custos com alimentação corresponderam a 64,90; 61,07; 59,52 e 57,83% das receitas obtidas com a venda do leite (receita direta), caracterizando redução dos custos, à medida que a cana-de-açúcar foi adicionada em maiores quantidades à dieta. Portanto, a substituição proporcionou lucros diários (em R\$) de 2,59; 2,76; 2,72 e 2,61 para os níveis de 0; 33,3; 66,6 e 100%, respectivamente. Concluíram que a substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar em dietas completas para vacas em lactação, produzindo, em média, 24 kg de leite por dia, influenciou negativamente a produção de leite e a variação de peso corporal dos animais. Mesmo assim, a inclusão de 33,3% de cana-de-açúcar no volumoso foi técnica e economicamente viável, enquanto níveis maiores foram inviáveis.

3.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. J. S. *et al.* Desempenho de tourinhos mestiços confinados submetidos a dietas com cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 2007.

ALCÂNTARA, E. *et al.* Fermentation and utilization by lambs of sugarcane harvest fresh and ensiled with and without NaOH: 4. Ruminal kinetics. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 323-331, 1989.

ALLI, I.; BAKER, B.E.; GARCIA, G. Studies of the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 7, n. 4, p. 411-417, 1982.

ALLI, I. *et al.* The effects of ammonia on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v.9, p. 291-299, 1983.

AMARAL, R. C. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 8, p. 1413-1421, 2009.

ANDRADE, J. B.; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem da cana-de-açúcar tratada com ureia e acrescida de rolão de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1169-1174, set. 2001.

ANDRADE, J. B. *et al.* Aditivo biológico na ensilagem de cana-de-açúcar tratada com ureia. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 57, p. 139-149, 2000.

AZEVÊDO, J. A. G. *et al.* Avaliação da Divergência Nutricional de Variedades de Cana-de-Açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 6, p. 1431-1442, 2003.

BALIEIRO NETO, G. *et al.* Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, 2007.

BARBOSA, M. H. P. Perspectivas para o melhoramento da cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS. GENÉTICA E MELHORAMENTO DE ESPÉCIES DE PROPAGAÇÃO VEGETATIVA, 4., 2000, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. p.1-17.

BENDAHAN, A. B. *et al.* Potencial de utilização da cana-de-açúcar para alimentação animal no cerrado de Roraina. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, Belém, v. 4, n. 8, jan/jun. 2009.

BERNARDES, T. F. *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-MG, v. 36, n. 2, p. 269-275, 2007.

CABRAL L. S. *et al.* Degradabilidade in situ da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 777-781, ago. 2005.

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

CÉSAR, M. A. A. *et al.* Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial. **STAB**, Piracicaba, v. 6, p. 32 -38, 1987.

CHALUPA, W.; EVANS, J. L.; STILLIONS, M. C. Influence of ethanol on rúmen fermentation and nitrogen metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 23, n. 3, p. 802-807, 1964.

DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. W. H. O.; SPOELSTRA, S. F. Anaerobic lactic acid degradation during ensilage of whole crop maize inoculated with *Lactobacillus buchneri* inhibits yeast growth and improves aerobic stability. **Journal of Applied Microbiology**, Malden, v. 87, p. 583-594, 1999.

EVANGELISTA, A. R. *et al.* Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com farelo de soja ou farelo de algodão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.

FERNANDES, A. M. *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**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 1350-1357, 2001.

FERNANDES, A. M. *et al.* 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-MG, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERREIRA, D. A. *et al.* Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 423-433, 2007.

FREITAS, A. W. P. **Avaliação da qualidade nutricional de Genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e de sua silagem com diferentes aditivos.** 2005. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa - Viçosa-MG, 2005.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 38-47, 2006a.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 48-59, 2006b.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006c.

GENTIL, R. S. *et al.* Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 63-69, 2007.

HORII, J. A qualidade da matéria-prima, na visão agrícola. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 1, n. 1, 2004, p. 91-93.

JOBIM, C. C.; GONÇALVES, G. D. Microbiologia de Forragem Conservada. In: **Volúmosos na produção de ruminantes: Valor alimentício de forragens**. Eds. REIS, R. A. et al. Jaboticabal: Funep, 2003. p.1-26.

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

KUNG JÚNIOR, L.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. 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. *et al.* **A variedade IAC 86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo da produção e uso na alimentação animal**. Campinas: IAC, 2002. 36 p. (Boletim Técnico IAC 193 Série Tecnologia APTA).

LANDELL, M. G. A.; SILVA, M. A. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 1, p. 18-23, 2004.

LANDELL, M. G. A. **Variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: Manejo de produção e uso na alimentação animal. 4.ed. Campinas: Instituto Agrônômico (IAC), 2002. 193 p.

LIMA, C. L. C.; CATÂNEO, A. Seleção de variáveis influentes na produtividade da cana-de-açúcar na usina Utinga/AL. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 12, n. 2, 1997, p. 56-62.

LIMA, J. A. *et al.* Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com ureia ou farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002.

LIMA, M. L. M.; MATTOS, W. R. S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos, 5., 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p.177.

LOPES, J.; EVANGELISTA, A. R.; ROCHA, G. P. Valor nutricional da silagem de cana-de-açúcar acrescida de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p. 1155-1161, 2007. (suplemento)

MAGALHÃES, A. L. R. *et al.* Cana-de-Açúcar em Substituição à Silagem de Milho em Dietas para Vacas em Lactação: Desempenho e Viabilidade Econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 1292-1302, 2004.

MANZANO, R. P.; PENATI, M. A.; NUSSIO, L. G. **Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos**. , Piracicaba – SP: FEALQ, 2004 (Apostila do curso de Especialização em produção de ruminantes pastagens suplementares).

MARQUES, T. A.; SILVA, W. H. Crescimento vegetativo e maturação em três cultivares de cana-de-açúcar. **Revista de Biologia e ciências da terra**, Campina Grande, v. 8 ,n. 1, p.54-60, 2008.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2. Ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340 p.

MENDES, C. Q. *et al.* Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com cana-de-açúcar ensilada ou in natura. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 3, p. 733-740, 2008.

MOLINA, L. R. *et al.* Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002.

MORAES, K. A. K *et al.* 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-MG, v. 37, n. 7, p. 1293-1300, 2008.

MURARO, G. B. *et al.* Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 8, p. 1525-1531, 2009.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. Visão Técnica e Econômica da Produção Leiteira, 2005, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2005. p. 193-218.

OLIVEIRA, I. S. **Avaliação de volumosos na dieta de vacas leiteiras na época: consumo digestibilidade, produção de leite e simulação do CNCPS – Cuíaba**. 2007. 87 f.; II. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Programa de pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso, 2007.

OUDE ELFERINK, S. J. W. H. *et al.* Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2- propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, p. 125-132, 2001.

PAULA, E. F. E. *et al.* Composição química de silagem e levedura seca de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP, 5.; ENCONTRO DE ZOOTECNIA, 6., Dracena. **Anais...** Dracena: UNESP, 2009.

PEDROSO A. F. *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-MG, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbiano no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Sccharum officinarum* L.)**. 2003. 120 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A. F. *et al.* Performance of holstein heifers fed sugarcane silages treated with urea, sodium benzoate or *Lactobacillus buchneri*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 649-654, 2006.

PIRES, A. J. V. *et al.* Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 953-957, 2006 (suplemento)

PINTO, A. P. *et al.* Degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 503-512, jul./set. 2007.

QUEIROZ, O. C. M. *et al.* Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 2, p. 358-365, 2008.

RANJIT, N. K.; KUNG JR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, Washington, v. 83, p. 526-535, 2000.

RIBEIRO, L. S. O. *et al.* Valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 5, p. 1156-1164, 2009.

RODRIGUES, A. A. *et al.* Qualidade de dezoito variedades de cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of ensiling. 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.

ROSSI JÚNIOR, P.; SCHOGOR, A. L. B. Degradabilidade *in situ* de cana-de-açúcar ensilada com ureia e milho em diferentes proporções. **Archives of veterinary science**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 15-18, 2006.

ROTH, A. P. T. P. *et al.* Cana-de-açúcar ensilada com aditivos em diferentes tempos após a queima. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

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

SANTOS, M. C. *et al.* Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 9, p. 1555-1563, 2008.

SCHMIDT, P., NUSSIO, L. G. **Produção e utilização de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros**: Novas demandas. Piracicaba-SP: FEALQ, 2004. (Apostila do curso de Especialização em Produção de Ruminantes Pastagens Suplementares)

SILVA, E. J. A. *et al.* Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 8, p. 1375-1382, 2008.

SILVA, T. M. *et al.* Efeito da hidrólise de diferentes variedades de cana-de-açúcar sobre a digestibilidade ruminal “*in vitro*”. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005.

SIQUEIRA, G. R. **Cana-de-açúcar (*Sacharum officinarum* L.) ensilada com aditivos químicos e bacterianos**. 2005. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

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

SIQUEIRA, G. R. *et al.* Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 39, n. 1, p. 103-112, 2005.

SIQUEIRA, G. R. *et al.* Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007b. (suplemento)

UCHÔA, S. C. P. *et al.* Resposta de seis variedades de cana-de-açúcar a doses de potássio em ecossistema de cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 505-513, 2009.

VALERIANO, A. R. *et al.* Efeito da adição de *Lactobacillus* sp. na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 6, p. 1009-1017, 2009.

WALKER, G. M. **Yeast physiology and biotechnology**. London: Wiley Editorial Offices, 1998. 350 p.

WOOLFORD, M. K. **The silage fermentation**. New York : Marcel Dekker, 1984. 350 p.

YILDIRIM, M. Purification of *buchnericin LB* produced by *Lactobacillus buchneri LB*. **Journal of Biology**, London, v. 25, p. 59-65, 2001.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, p. 170-189, 2009. (suplemento especial)

CAPÍTULO I

VALOR NUTRICIONAL DAS SILAGENS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS

RESUMO

SILVA, Geanderson Walder Vieira. **Valor nutricional das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos**. 2012. Cap. I. p.35-67. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.³

A ensilagem da cana-de-açúcar tem sido amplamente estudada nos últimos anos buscando reduzir a fermentação alcoólica e as perdas no valor nutricional durante o processo fermentativo. A elevada concentração de carboidratos solúveis e a presença de leveduras epifíticas são os principais agravantes na conservação dessa forrageira. Por isso, torna-se imprescindível o uso de um aditivo que controle a atividade destas leveduras. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o valor nutricional das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 6, sendo duas variedades de cana (IAC 86-2480 e RB 86-7515), e cinco aditivos (ureia, NaOH, CaO, milho e *Lactobacillus buchneri*), mais a silagem-controle (sem aditivo), com três repetições. As doses dos aditivos em relação à matéria verde foram de: 1% de ureia, 1,5% de NaOH, 2% de CaO, 5% de milho moído. O inoculante utilizado foi a cepa NCIMB 40788 do Inoculante comercial silo Max® na dose de $2,5 \times 10^{10}$ UFC/g de forragem. Foram utilizados silos experimentais cilíndricos de PVC. As silagens foram analisadas quanto ao teor de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro e ácido, hemicelulose, celulose, lignina, extrato etéreo, cinzas e carboidratos não fibrosos. Os aditivos NaOH, CaO e milho elevaram os teores de matéria seca das silagens, e o teor de proteína bruta foi maior apenas nas silagens aditivadas com ureia, enquanto os outros tratamentos não diferiram entre si. O NaOH e o CaO reduziram os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina das silagens, porém, os valores de extrato etéreo não diferiram entre os tratamentos. Os valores de cinzas e carboidratos não fibrosos foram maiores nas silagens com NaOH e o CaO. O NaOH e CaO melhoram o valor nutricional das silagens, elevando o teor de matéria seca e reduzindo os teores de fibra, enquanto a ureia melhora o valor nutricional pelo aumento da proteína bruta. As silagens da variedade IAC 86-2480 apresentam melhor valor nutricional, devido ao maior teor de matéria seca, e menores teores das frações fibrosas.

Palavras-chave: CaO, *Lactobacillus buchneri*, milho, NaOH, ureia

³ **Comitê de Orientação:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientador)

ABSTRACT

SILVA, Geanderson Walder Vieira. **Nutritional value of silages of sugarcane varieties with additive**. 2012. Chapter I. p. 35-67. Dissertation (Master's degree in Animal Science) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG. Brasil⁴

The sugarcane ensilage has been studied thoroughly in the last years in order to reduce the alcoholic fermentation and losses in the nutritional value during the fermentative process. The high concentration of soluble carbohydrates and the presence of epiphytic yeasts are the main challenge in the conservation of that forageira. For that, it is indispensable the use of an additive that controls the yeasts' activity. Thus, it was this work aimed to evaluate the nutritional value of the silages of sugarcane varieties with additive. An entirely randomized design was used, with factorial schme 2 x 6, being two cane varieties (IAC 86-2480 and RB 86-7515), and five additives (urea, NaOH, CaO, corn and *Lactobacillus buchneri*), plus the control (no additive), with three repetitions. The doses of the additives in relation to green matter were of: 1% urea, 1.5% NaOH, 2% CaO, 5% milled corn. The used inoculant was the NCIMB 40788 Silo Max® Commercial Inoculant in the dose of 2.5 x 10¹⁰ UFC/g of forage. Cylindrical plastic silos were used. The silages were analyzed as for content of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose, lignin, ethereal extract, ashes and non fiber carbohydrates. The additives NaOH, CaO and corn increased the matter dry content of the silages, and the crude protein content was larger only in the silages treated with urea, while the other treatments did not present difference amongst themselves. The NaOH and the CaO reduced contents in neutral detergent fiber, acid detergent fiber, hemicellulose, cellulose and lignin of the silages, however, the values of ethereal extract did not present difference among the treatments. The values of ashes and no fibrous carbohydrates were higher in the silages with NaOH and the CaO. The NaOH and CaO improve the nutritional value of the silages, raising the dry matter content and reducing the fiber content, while the urea improves the nutritional value for increasing the crude protein. The silages of the IAC 86-2480 variety present better nutritional value, due to the highest dry matter content and the lowest fibrous fractions content.

Keywords: CaO, *Lactobacillus buchneri*, corn, NaOH, urea

⁴ **Guidance Committee:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – UNIMONTES (Adviser); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires - UNIMONTES (Co-adviser).

1.0- INTRODUÇÃO

A oferta de alimento ao rebanho constitui numa preocupação durante o período da seca, uma vez que é um período marcado por escassez de forragem. De acordo com Ferreira *et al.* (2007), a baixa disponibilidade de forragem, durante o período seco do ano, tem sido considerada um dos principais fatores que contribui para a baixa produtividade dos rebanhos, sendo responsável por redução acentuada da produção leiteira, perda de peso dos animais de corte e pela grande variação da capacidade de suporte dos pastos que, geralmente, é estabelecida tomando-se por base um período de 12 meses, o que inviabiliza economicamente a pecuária nacional.

Para suprir a deficiência das pastagens e reduzir custos com a alimentação, os pecuaristas têm intensificado o uso da cana-de-açúcar como volumoso para os bovinos. Segundo Queiroz *et al.* (2008), a cana normalmente é oferecida aos animais na forma *in natura* picada diariamente. No entanto, o uso da planta em sistemas de produção intensivos e de grande escala tem aumentado e, conseqüentemente, intensificado demanda por novas tecnologias. Assim, Balieiro Neto *et al.* (2009) relataram que a ensilagem da cana representaria uma solução operacional para eliminar o corte diário, evitando sobras de um ano para outro, e reduzindo ainda os riscos de perda por fogo ou geadas. O processo fermentativo deste tipo de silagem normalmente envolve perdas consideráveis de nutrientes, o que pode inviabilizar sua exploração pelos produtores, pois ocorre produção de elevado teor de etanol, que pode afetar negativamente o consumo e o desempenho animal (MENDES *et al.*, 2008a). De acordo com Queiroz *et al.* (2008), devido a sua grande quantidade de carboidratos solúveis (CS), a cana-de-açúcar é altamente susceptível à ação de leveduras, que, no ambiente anaeróbio do silo, são capazes de gerar perdas significativas de matéria seca em razão da fermentação alcoólica.

Gentil *et al.* (2007) afirmaram que a utilização de aditivo, neste processo, funciona como uma ferramenta valiosa para reduzir as perdas no silo. Mendes *et al.* (2008a) relataram que a aplicação de aditivos na ensilagem da cana-de-açúcar visa a inibir a população de leveduras e evitar a produção de etanol, reduzindo, dessa forma, as perdas de matéria seca e do valor nutricional da forragem produzida.

É comum a indicação de variedades de cana-de-açúcar como forrageiras, sem levar em conta o valor nutritivo da variedade, considerando apenas aspectos de produção (PEIXOTO, 1986). Portanto, avaliar diferentes variedades de cana-de-açúcar, para conhecer suas características nutricionais, é importante para definir, com maior precisão, aquelas que são mais indicadas para serem exploradas na nutrição animal.

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o valor nutricional das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos.

2.0 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Campus de Janaúba – MG, localizada a 15°52'38" de Latitude Sul, 43°20'05" de Longitude Oeste, com precipitação anual média de 800 mm, temperatura anual variando em torno de 28 °C e umidade relativa do ar próxima de 65%. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Aw (ANTUNES, 1994).

Foram utilizadas as variedades de cana IAC 86-2480 e RB 86-7515 provenientes da fazenda experimental da UNIMONTES. A cana foi picada utilizando uma ensiladeira mecânica estacionária, para obter partículas com tamanho médio inferior a 2 cm.

A composição bromatológica das duas variedades de cana-de-açúcar *in natura* está descrita na Tabela 1.

TABELA 1 - Composição bromatológica de duas variedades de cana-de-açúcar *in natura*

Itens	IAC 86-2480	RB 86-7515
Matéria Seca	26,12	28,62
Proteína Bruta	1,26	3,60
Fibra em Detergente Neutro	36,79	41,32
Fibra em Detergente Ácido	21,59	23,69
Hemicelulose	17,63	15,19
Celulose	17,22	17,93
Lignina	6,98	6,85
Extrato Etéreo	1,88	2,01
Cinzas	3,81	3,22
Carboidratos não Fibrosos	51,73	54,38

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial 2 x 6, sendo duas variedades de cana-de-açúcar (IAC 86-2480 e RB 86-7515), cinco aditivos (ureia, NaOH, CaO, milho grão moído e

Lactobacillus buchneri), mais a silagem-controle (sem aditivo) com três repetições. As doses dos aditivos para cada tratamento em relação à matéria verde (MV) foram de: 1% de ureia, 1,5% NaOH, 2% CaO, 5% milho moído. Quanto ao inoculante, foi utilizada a cepa NCIMB 40788 do Inoculante comercial silo Max® na dose de $2,5 \times 10^{10}$ UFC/g de forragem.

Foram utilizados silos experimentais cilíndricos de PVC, de pesos conhecidos, com 40 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Após a completa homogeneização dos aditivos, a forragem picada foi depositada nos silos e compactada com auxílio de um êmbolo de madeira. Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC dotados de válvula tipo *Bunsen*, vedados com fita adesiva e mantidos à temperatura ambiente, até a abertura aos 60 dias após o processo de ensilagem.

A silagem de cada silo foi homogeneizada, e levada à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55 °C até peso constante. Na sequência, o material pré-seco foi moído em moinho Tipo Wiley com peneiras de 1 mm e armazenada em potes plásticos devidamente identificados.

A forragem pré-secada foi então analisada quanto aos conteúdos de MS a 105 °C, determinação da proteína bruta (PB) pelo método Kjeldhal através da dosagem do nitrogênio total, com posterior correção para PB pelo fator 6,25 (SILVA e QUEIROZ, 2002). Foram também analisados os componentes da parede celular pelo método sequencial (fibra em detergente neutro - FDN, fibra em detergente ácido - FDA e lignina), conforme Van Soest *et al.* (1991), extrato etéreo em extrator Soxhlet, conforme AOAC (1990), matéria mineral (MM) de acordo com Silva e Queiroz (2002).

No estudo do valor nutricional das silagens, os dados coletados foram submetidos à análise de variância por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000), e quando o teste F apresentou significância para os fatores principais e

suas interações, as médias dos tratamentos foram submetidos ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, conforme o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + V_j + A_k + VA_{jk} + \varepsilon_{ijk} \text{ em que,}$$

Y_{ijk} = valor referente à observação da repetição i , da variedade j , do aditivo k

μ = média geral

V_j = efeito da variedade j ($i = 1, 2$)

A_k = efeito do aditivo k ($k = 1, 2, 3, 4, 5$ e 6)

VF_{jk} = efeito da interação variedade j x aditivo utilizado k

ε_{ijk} = erro aleatório associado à observação

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de matéria seca (MS) das silagens apresentaram diferenças ($P < 0,05$), em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 2). Na variedade RB 86-7515, as silagens com NaOH e CaO apresentaram maiores teores de MS, seguidas pela silagem com milho grão moído. Os menores teores foram verificados na silagem sem aditivo (controle). Já na variedade IAC 86-2480, os maiores teores de MS foram encontrados nas silagens com NaOH, CaO e milho, com os outros tratamentos apresentando menores valores, não diferindo entre si. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens acrescidas com milho moído e nas silagens sem aditivos, sendo a variedade IAC 86-2480 a que apresentou maiores teores de MS.

TABELA 2 - Valores médios de matéria seca (% MS) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	22,79 Ac	24,05 Ab
NaOH	28,92 Aa	28,58 Aa
CaO	28,21 Aa	27,26 Aa
Milho grão moído	25,08 Bb	28,28 Aa
<i>Lactobacillus buchneri</i>	22,09 Ac	22,95 Ab
Controle	20,94 Bd	23,55 Ab
Média	24,67B	25,78A

CV (%) = 3,38

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Os valores médios para os teores de MS das canas *in natura*, para as variedades RB 86-7515 e IAC 86-2480 foram de 28,62 e 26,12%, respectivamente. Comparando esses valores com os das silagens, verifica-se redução nos teores de MS, sendo que as maiores reduções ocorreram nas silagens-controle, com ureia e com *L. buchneri*.

As silagens aditivadas com NaOH e CaO apresentaram maiores teores de MS, possivelmente, devido ao efeito inibidor que estes álcalis apresentam sobre a população de leveduras que degradam a MS da silagem. Amaral *et al.* (2009) reportaram que os teores de MS diferiram entre as silagens tratadas com aditivos químicos, e que aquela tratada com 1% de calcário apresentou maior teor de MS, seguida da silagem tratada com 1% de CaO e da silagem-controle, observando que a diferença nos teores de MS pode ser explicada pelo perfil fermentativo de cada silagem. Portanto, no atual ensaio, a silagem-controle na variedade RB 86-7515 apresentou menor teor de MS, provavelmente, em decorrência da maior atividade de leveduras, o que acarretou maiores perdas gasosas e maior consumo de carboidratos solúveis. Pedroso *et al.* (2007), avaliando diferentes tratamentos em silagens de cana, também observaram que o NaOH foi eficiente em reduzir perdas totais de MS.

Mendes *et al.* (2008b), analisando o efeito do *L. buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana, constataram que o teor de MS da silagem de cana-de-açúcar sem aditivo foi menor que o da cana-de-açúcar *in natura* e o da silagem inoculada com *L. buchneri*. Na silagem sem aditivo, observou-se redução de 6,4 pontos percentuais no teor de MS, enquanto na silagem aditivada não houve alteração. Dessa maneira, o inoculante pode ter evitado as perdas decorrentes do processo de ensilagem.

Com relação ao milho, o resultado está relacionado ao seu alto teor de MS, o que contribuiu para elevar a MS nas silagens. Bernardes *et al.* (2007),

trabalhando com a adição do MDPS tanto na silagem de cana crua como na de cana queimada, verificaram que o teor de MS aumentou como consequência do alto teor de MS do MDPS. De acordo com Freitas *et al.* (2006b), a adição de um produto com alto teor de MS funciona como um aditivo absorvente de umidade, elevando o teor de MS do material ensilado, o que torna o ambiente menos favorável para o desenvolvimento das leveduras.

O maior teor de MS da silagem com milho grão moído na variedade IAC 86-2480 em relação à silagem da RB 86-7515 pode estar associado à menor atividade das leveduras epifíticas na silagem da variedade IAC 86-2480, com a inclusão do aditivo absorvente de umidade. Por outro lado, nas silagens-controle os menores valores de MS na RB 86-7515 em comparação à IAC 86-2480 devem-se, provavelmente, a uma maior atividade de leveduras naquela variedade, o que pode ser justificado pela maior redução de MS verificada na RB 86-7515 em relação à cana *in natura*.

Ávila (2007) cita que, em decorrência do alto crescimento de leveduras, as perdas de MS durante a ensilagem desta forrageira podem decorrer do intenso metabolismo desses microrganismos, uma vez que a produção de etanol pelas leveduras gera perdas acentuadas de MS sob a forma de CO₂, além de ocorrer perda de etanol por volatilização (MCDONALD *et al.*, 1991). Assim, reduções nos teores de MS indicam perdas durante a fermentação.

O tratamento químico com NaOH e CaO tem sido utilizado para quebrar o composto lignocelulósico das forragens e aumentar proporcionalmente seu valor nutritivo, reduzindo as perdas de MS (PEREIRA FILHO *et al.*, 2003).

Os valores de MS variaram de 20,94 a 28,92% e foram inferiores aos obtidos por Pedroso *et al.* (2007), de 29,3%, e Siqueira *et al.* (2007a), de 35,0% MS, mas próximos aos relatados por Queiroz (2006), de 23,1%, e Andrade *et al.* (2001), de 24,31%.

Os valores médios para teor de proteína bruta (PB) das silagens não diferiram em função das variedades ($P>0,05$), mas diferiram conforme os aditivos utilizados ($P<0,05$) (TABELA 3). Como já era de se esperar, o maior valor encontrado foi para o tratamento com ureia em ambas as variedades, mostrando que a sua adição melhora o valor nutricional da silagem. Esta diferença pode ser justificada pelo aumento do teor de nitrogênio não proteico vindo da adição de ureia (45% de N na MS). Os outros tratamentos apresentaram menores valores médios de PB, não diferindo entre si.

TABELA 3 - Valores médios de proteína bruta (% PB) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC86-2480
Ureia	17,07 Aa	17,06 Aa
NaOH	2,88 Ab	2,56 Ab
CaO	2,51 Ab	2,72 Ab
Milho grão moído	3,62 Ab	4,12 Ab
<i>Lactobacillus buchneri</i>	3,12 Ab	3,99 Ab
Controle	2,73 Ab	3,15 Ab
Média	5,32A	5,60A
CV (%) = 16,34		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Santos (2007) encontrou valores de proteína de 2,85, 2,75 e 2,57% para os tratamentos controle, *L. buchneri* e CaO, respectivamente. No presente estudo, os valores verificados para os mesmos tratamentos foram semelhantes. Os valores de PB constatados nas silagens com ureia mostraram-se superiores aos encontrados na literatura. Queiroz (2006) verificou que a adição de 1% de

ureia na matéria verde elevou o teor de proteína para 15,21%, sendo 3,8 vezes maior que o valor obtido pelo tratamento-controle. Junqueira (2006) reporta valores de 3,5; 3,39 e 12,03% de PB para os tratamentos controle, *L. buchneri* e ureia (1% da matéria verde), respectivamente.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) das silagens diferiram ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 4).

TABELA 4 - Valores médios de fibra em detergente neutro (% FDN) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	57,89 Aa	44,90 Bb
NaOH	32,20 Ac	33,97 Ad
CaO	42,50 Ab	40,50 Ac
Milho grão moído	59,47 Aa	50,77 Ba
<i>Lactobacillus buchneri</i>	60,73 Aa	48,89 Ba
Controle	60,08 Aa	50,19 Ba
Média	52,14A	44,87B
CV (%) =5,80		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

Na variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH apresentou menores teores de FDN (32,20%), seguida pela silagem aditivada com CaO (42,50%), enquanto que os maiores teores foram verificados nas silagens com ureia, milho moído, *L. buchneri* e a controle, que não diferiram entre si. Na variedade IAC 86-2480, os menores teores de FDN foram encontrados na silagem com NaOH (33,97%), seguida pela silagem com CaO (40,50%). Já as silagens que receberam milho moído, *L. buchneri*, e a controle apresentaram os maiores

valores, sendo semelhantes estatisticamente. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens com ureia, milho moído, *L. buchneri* e nas silagens sem aditivos, sendo a variedade IAC 86-2480 a que apresentou os menores teores de FDN.

Os teores de FDN das silagens deste experimento estão dentro da amplitude de valores relatados pela literatura. Os menores teores de FDN nas silagens com NaOH e CaO podem ser justificados pela capacidade dos aditivos alcalinizantes em reduzir o teor de fibra dos alimentos, pois de acordo com Van Soest (1994), determinadas ligações que ocorrem na estruturação da parede celular são sensíveis à ação desses álcalis. Segundo Siqueira *et al.* (2007b), o tratamento da cana-de-açúcar com NaOH reduz o teor de FDN das forragens com o efeito hidrolítico do álcali ocorrendo de modo rápido sobre a fibra. Balieiro Neto *et al.* (2007) afirmaram ainda que a adição de CaO às silagens de cana-de-açúcar promove solubilização parcial da hemicelulose, com 2% do aditivo proporcionando incremento na digestibilidade verdadeira *in vitro*, reduzindo os constituintes da parede celular. Balieiro Neto *et al.* (2009), ao trabalharem com aditivos químicos e microbianos, relataram que o teor de FDN da forragem tratada com CaO foi menor que o da silagem-testemunha e o da silagem contendo inoculante microbiano antes da ensilagem e na abertura do silo, respectivamente.

O conteúdo de FDN da forragem está altamente relacionado com o consumo de MS pelos ruminantes sendo o principal responsável pelo desempenho e produtividade animal (BERCHIELLI *et al.*, 2006), já que a fração de FDN é caracterizada por apresentar baixa digestibilidade (SIQUEIRA *et al.*, 2007b). Segundo Mertens (1994), o desempenho animal depende do consumo de nutrientes digestíveis e metabolizáveis, com 60 a 90% do desempenho animal sendo justificados pelas diferenças no consumo e apenas 10 a 40% são relacionados à digestibilidade.

Segundo Ferreira *et al.* (2007), o conteúdo de FDN é inversamente relacionado com o teor de carboidratos solúveis (CS) ($r = -0,77$). Ao longo da fermentação, há uma diminuição do teor de CS, utilizados pelos microrganismos presentes na silagem e, conseqüentemente, redução do teor de MS ($r = 0,69$), causando um incremento percentual dos constituintes da parede celular não utilizados no processo de fermentação na silagem.

A média geral da variedade IAC 86-2480 foi de 44,87% de FDN, enquanto a RB 86-7515 apresentou média de 52,14%, diferindo estatisticamente entre si. Esses valores são menores do que os encontrados por Siqueira *et al.* (2007b), que foram de 66,4% avaliando a associação entre aditivos químicos e bacterianos e Mendes *et al.* (2008b), que observaram 61,2% quando o *L. buchneri* foi utilizado como aditivo na silagem de cana-de-açúcar. Bernardes *et al.* (2007), avaliando a adição de MDPS na ensilagem de cana-de-açúcar crua e queimada, relataram valores próximos (52,5%) ao deste experimento. Contudo, Freitas *et al.* (2006a), analisando a ensilagem de cana-de-açúcar com diferentes aditivos, registraram valores de 36,2% de FDN para a cana *in natura*.

Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) das silagens apresentaram diferenças ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 5). Na variedade RB 86-7515, as silagens com NaOH e CaO apresentaram os menores teores de FDA, seguidas pela silagem acrescida de milho moído. Os maiores teores foram verificados nas silagens com ureia, *L. buchneri* e a controle que não diferiram entre si. Enquanto na variedade IAC 86-2480, os menores teores de FDA foram encontrados nas silagens com NaOH, CaO e milho moído, e as silagens que receberam ureia, *L. buchneri*, e a controle apresentaram os maiores valores sendo semelhantes entre si. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens acrescidas com ureia, milho moído, *L. buchneri* e nas silagens sem aditivos, sendo que a variedade IAC 86-2480 apresentou os menores teores de FDA.

TABELA 5 - Valores médios de fibra em detergente ácido (% FDA) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	36,63 Aa	27,13Ba
NaOH	24,90 Ac	24,12Ab
CaO	25,99 Ac	23,96 Ab
Milho grão moído	30,18 Ab	24,03 Bb
<i>Lactobacillus buchneri</i>	36,48Aa	29,21 Ba
Controle	35,69Aa	30,35 Ba
Média	31,65A	26,47B
CV (%) = 7,39		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

A FDA é a entidade que mais interfere na digestibilidade do alimento, afetando os índices de produtividade animal. Segundo Silva e Queiroz (2002), a FDA é a porção da parede celular das forrageiras menos digestível pelos microrganismos ruminais, sendo constituída quase que totalmente por lignocelulose, ou seja, lignina associada à celulose.

A média de FDA da variedade IAC 86-2480 (26,47%) foi diferente da variedade RB 86-7515 (31,65%). Estes resultados são inferiores aos 39,8% relatados por Amaral *et al.* (2009) na silagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos, e os encontrados por Mendes *et al.* (2008b) na silagem da cana com *L. buchneri* (46,3%). Da mesma forma Bernardes *et al.* (2007), avaliando MDPS como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar crua e queimada, relataram valores de 38,6% de FDA.

Quanto aos teores de hemicelulose das silagens, houve diferenças ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 6). Na variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH apresentou menores teores

(7,29%), seguida pela silagem aditivada com CaO (16,51%), e os maiores teores foram verificados na silagem com milho moído (29,30%). Na IAC 86-2480, os menores teores também foram encontrados na silagem com NaOH (9,85%), seguida pelas silagens com CaO e ureia, enquanto que a silagem acrescida de milho moído apresentou os maiores valores (26,74%). A diferença entre as variedades foi constatada nas silagens com ureia, NaOH, milho moído, *L. buchneri* e nas silagens sem aditivos, com a variedade IAC 86-2480 apresentando os menores teores em todos os tratamentos, exceto no tratamento com NaOH onde apresentou maior teor. O fato de a variedade IAC 86-2480 ter apresentado menores teores de hemicelulose em relação à RB 86-7515 explica os menores teores de FDN da IAC 86-2480 com esses mesmos aditivos.

TABELA 6 - Valores médios de hemicelulose (% HEM) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	21,27 Ac	17,76 Bc
NaOH	7,29 Be	9,85 Ad
CaO	16,51 Ad	16,54 Ac
Milho grão moído	29,30 Aa	26,74 Ba
<i>Lactobacillus buchneri</i>	24,25 Ab	19,67 Bb
Controle	24,39 Ab	19,85 Bb
Média	20,50A	18,40B
CV (%) = 7,69		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

A hemicelulose é um grupo de polímeros de pentoses (xilose, arabinose etc.), e alguns polímeros de hexoses e ácidos urônicos, apresentando maior digestibilidade em relação à celulose, porém menor que os carboidratos solúveis

e o amido (SILVA e QUEIROZ, 2002). Os menores teores de hemicelulose nas silagens com NaOH e CaO têm como explicação o fato de esses álcalis solubilizarem parte da hemicelulose que estava ligada à celulose por meio de ligações covalentes (JACKSON, 1977). A redução nos teores de hemicelulose nas silagens aditivadas com NaOH e CaO teve como reflexo menor teor de FDN nessas mesmas silagens. Pires *et al.* (2006) relataram que a solubilização parcial dos constituintes da parede celular reduz os teores de FDN.

A variedade IAC 86-2480 apresentou média de 18,40% de hemicelulose, enquanto a RB 86-7515 apresentou média 20,50%, revelando diferenças entre si. Esses valores são superiores aos encontrados por Bernardes *et al.* (2007), 13,9%, e Balieiro Neto *et al.* (2007), 14,85%, em silagem de cana-de-açúcar. Na literatura há também valores superiores, como os 22,80% relatados por Schmidt *et al.* (2007), ao avaliarem aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana e 21,4% registrados por Mendes *et al.* (2008b) trabalhando com *L. buchneri* adicionado à ensilagem de cana-de-açúcar, e os 24,4% encontrados por Amaral *et al.* (2009), ao estudarem silagens com ou sem aditivos químicos.

Os teores médios de celulose (CEL) das silagens apresentaram diferenças ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 7). Na variedade RB 86-7515, as silagens com NaOH e CaO apresentaram os menores teores de celulose (19,85 e 19,77%, respectivamente), seguidas pela silagem com milho grão moído (20,75%), e os maiores teores foram verificados nas silagens com ureia, *L. buchneri* e a silagem-controle. Na IAC 86-2480, os menores teores foram encontrados nas silagens com NaOH, CaO e milho grão moído (19,43, 19,53 e 19,81%, respectivamente), com as silagens acrescidas com ureia, *L. buchneri* e a silagem-controle apresentando maior valor, sendo semelhantes entre si. A diferença entre as variedades foi constatada nas silagens com ureia, *L. buchneri* e nas silagens sem aditivos, com a variedade IAC 86-2480 revelando menores teores em todos os tratamentos. O

fato de a variedade IAC 86-2480 ter apresentado menores teores de celulose em relação à RB 86-7515 explica os menores teores de FDA das silagens da variedade IAC 86-2480 com esses mesmos aditivos.

TABELA 7 - Valores médios de celulose (% CEL) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	22,31Aa	20,46Ba
NaOH	19,85Ac	19,43Ab
CaO	19,77Ac	19,53Ab
Milho grão moído	20,75Ab	19,81Ab
<i>Lactobacillus buchneri</i>	22,35Aa	20,67Ba
Controle	22,04Aa	21,03Ba
Média	21,17A	20,15B
CV (%) = 2,16		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

As silagens com NaOH e CaO apresentaram menores teores de celulose, possivelmente, por terem controlado melhor a população de leveduras da cana. Isso resultou em menor perda de MS, em relação às silagens com outros aditivos, o que minimiza o incremento na concentração dos constituintes da parede celular, que ocorre quando há excesso de perda de MS, uma vez que as silagens que receberam esses aditivos (NaOH e CaO) apresentaram maiores teores de MS. Apesar de a literatura relatar que agentes alcalinizantes promovem expansão das moléculas de celulose, rompendo suas ligações intermoleculares de pontes de hidrogênio, auxiliando maior ataque microbiano ou maior

solubilização desta fração, Van Soest (1994) afirma que a fração de celulose permanece estável durante o processo de fermentação da silagem.

Segundo Oliveira *et al.* (2008), a redução nos teores de FDN, FDA e hemicelulose é atribuída à solubilização parcial dos constituintes da parede celular, cujo efeito alcalino sobre volumosos fibrosos, como a cana-de-açúcar, normalmente se dá pela solubilização de parte da hemicelulose e a expansão da celulose. Portanto, na celulose não ocorre uma solubilização, mas apenas uma expansão de suas moléculas que facilita o ataque de microrganismos ruminais à parede celular.

Os carboidratos celulósicos respondem por aproximadamente 50% da energia metabolizável consumida pelos ruminantes. A disponibilidade nutricional da celulose vai desde a indigestibilidade total à completa digestibilidade, variando, assim, de acordo com a lignificação, apesar de existirem outros inibidores e fatores limitantes, incluindo silicificação, cutinização e propriedades intrínsecas da celulose (VAN SOEST, 1994).

A média geral da variedade RB 86-7515 foi de 21,17% de celulose, diferindo da variedade IAC 86-2480 que apresentou 20,15% de celulose. Estes resultados são inferiores aos relatados por Bernardes *et al.* (2007) na silagem de cana-de-açúcar com MDPS (31,3%), e por Amaral *et al.* (2009), em silagens com e sem aditivos químicos (33,13%). Ferreira *et al.* (2007), ao avaliarem as características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com diferentes aditivos, encontraram a maior concentração de celulose na silagem tratada com inoculante bacteriano (36,57%).

Os teores médios de lignina das silagens apresentaram diferenças ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 8). Na variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH apresentou o menor teor de lignina (4,29%), seguida pela silagem aditivada com CaO (5,37%), as silagens com ureia, milho grão moído, *L. buchneri* e a controle apresentaram maiores teores,

não diferindo entre si. Na variedade IAC 86-2480, os menores teores de lignina foram encontrados nas silagens com NaOH, CaO e milho grão moído (4,48, 4,40 e 4,55%, respectivamente), as silagens com ureia, *L. buchneri* e a controle, externaram os maiores valores. A diferença entre as variedades foi constatada nas silagens com CaO e milho grão moído, com a variedade IAC 86-2480 revelando os menores teores.

TABELA 8 - Valores médios de lignina (% LIG) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	6,44Aa	6,51Aa
NaOH	4,29Ac	4,48Ab
CaO	5,37Ab	4,40Bb
Milho grão moído	6,41Aa	4,55Bb
<i>Lactobacillus buchneri</i>	6,77Aa	6,50Aa
Controle	6,50Aa	6,42Aa
Média	5,96A	5,47B
CV (%) = 4,28		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

As silagens com NaOH e CaO apresentaram menores valores de lignina, provavelmente pela menor perda de MS, como citado anteriormente, evitando, assim, o efeito de aumento proporcional dos constituintes da parede celular, em decorrência da diminuição dos nutrientes solúveis consumidos durante a processo de fermentação. Conforme Klopfenstein (1980), o teor de lignina geralmente não se altera pela ação de substâncias como os álcalis. Entretanto, Ribeiro *et al.* (2010) encontraram redução no teor de lignina, nas silagens de cana-de-açúcar tratadas com 4% NaOH ou 2% de ureia + 2% de NaOH,

relatando que o tratamento alcalino promove reduções nos teores de lignina. Van Soest (1987) também afirmou que parte da lignina e da sílica pode se dissolver durante o tratamento com alguma substância alcalina.

A lignina é denominada de substância condensada devido a suas ligações não hidrolisáveis. Essa característica não hidrolítica permitiu a evolução de fungos e de algumas bactérias que conseguem degradá-la. Substâncias fenólicas simples parecem ser utilizadas por organismos anaeróbicos, enquanto as substâncias condensadas têm sua hidrólise limitada à ação de organismos aeróbicos. A maioria dos tratos gastrointestinais dos animais apresenta ambiente anaeróbico, restringindo a degradabilidade de substâncias resistentes, presentes nos vegetais. A lignina, por exemplo, limita o potencial máximo de degradabilidade da parede celular vegetal (VAN SOEST, 1994).

A maioria dos vegetais superiores apresenta alguma fração de lignina. O conteúdo de lignina pode variar de 4 a 12%, podendo chegar, nas forrageiras mais fibrosas a 20% da matéria seca, sendo a fração indigestível da forrageira. Geralmente, há queda no valor nutritivo da forrageira com o maior estágio de desenvolvimento da planta. Comumente, ocorre redução nos teores de PB, e incrementos nos teores de MS, celulose e lignina, com consequente redução na digestibilidade da forrageira. Na nutrição animal, a lignina é importante devido à sua influência negativa sobre a digestibilidade de outros nutrientes, evidenciando altas correlações negativas do teor de lignina com a digestibilidade da MS, da celulose e da hemicelulose (SILVA e QUEIROZ, 2002).

A média de lignina na variedade RB 86-7515 foi de 5,96%, enquanto na IAC 86-2480 foi de 5,47% apresentando diferenças entre si ($P>0,05$). Esses Valores são próximos a 6,3% relatado por Moraes *et al.* (2008), porém, inferiores ao valor de 7,81% citado por Balieiro Neto *et al.* (2009), e 6,63% encontrado por Amaral *et al.* (2009).

Os teores médios de extrato etéreo (EE) das silagens não apresentaram

diferenças ($P>0,05$) de acordo com os aditivos, porém apresentaram ($P<0,05$) entre as variedades utilizadas (TABELA 9). A diferença entre as variedades foi verificada nas silagens aditivadas com ureia, NaOH e *L. buchneri*, com a variedade IAC 86-2480 apresentando os menores teores.

TABELA 9 - Valores médios de extrato etéreo (% EE) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	1,93Aa	1,68Ba
NaOH	2,02Aa	1,84Ba
CaO	1,97Aa	1,87Aa
Milho grão moído	1,98Aa	1,84Aa
<i>Lactobacillus buchneri</i>	1,96Aa	1,67Ba
Controle	1,94Aa	1,85Aa
Média	1,97A	1,79 A
CV (%) = 5,81		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

A média geral da variedade RB 86-7515 foi de 1,97% de extrato etéreo, enquanto que na IAC 86-2480 foi de 1,79%, não havendo diferença entre si ($P>0,05$). Esses valores são superiores a 1,21% encontrado por Paula *et al.* (2009), e 1,12% relatados por Queiroz *et al.* (2008) ao analisarem a silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção.

A quantificação dos teores de cinza fornece apenas uma indicação da riqueza de minerais que há na amostra. Os valores de cinza permitem apenas uma estimativa dos teores de cálcio e fósforo do alimento analisado, quando se trata de produtos de origem animal. Porém, quando se trata de produtos vegetais,

a determinação da cinza tem pouca importância. Isso ocorre devido ao fato de o teor de cinza, oriundo de produtos vegetais, fornecer pouca informação sobre sua composição que, em minerais, é muito variável. Alguns alimentos de origem vegetal são ricos em sílica, o que resulta em teor elevado de cinza. Entretanto, esse teor não representa nenhum valor nutritivo para os animais (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Os teores de cinzas das silagens diferiram ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 10). Na variedade RB 86-7515, a silagem com CaO apresentou maior teor de cinzas (11,16%), seguida pela silagem aditivada com NaOH (8,30%), já a silagem com milho grão moído, apresentou o menor teor de cinza (4,35%). Na IAC 86-2480, o maior teor de cinzas também foi encontrado na silagem com CaO (12,30%), seguida pela silagem com NaOH (9,74%), e as silagens que receberam os outros aditivos, que apresentaram os menores valores, sendo semelhantes estatisticamente.

TABELA 10 - Valores médios de cinzas (% CIN) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	4,77Ad	4,33Bc
NaOH	8,30Bb	9,74Ab
CaO	11,16Ba	12,30Aa
Milho grão moído	4,35Ae	4,53Ac
<i>Lactobacillus buchneri</i>	5,20Ac	4,21Bc
Controle	4,84Ad	4,26Bc
Média	6,43A	6,56 A

CV (%) = 3,46

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

De acordo com Amaral *et al.* (2009), há aumento nos teores de cinzas quando aditivos químicos são inseridos no volumoso, o que provavelmente está ligado ao fato de os aditivos serem de origem mineral e possuírem grande proporção dessa fração em sua totalidade. Segundo Ribeiro *et al.* (2009), o CaO promove maior aumento no teor de matéria mineral (MM) da cana-de-açúcar devido a sua elevada concentração de cálcio (72%) em comparação ao NaOH, cuja concentração é de 58% de sódio.

O teor médio de cinzas da variedade RB 86-7515 (6,43%) foi semelhante ($p>0,05$) ao teor da variedade IAC 86-2480 (6,56%). Valores de 10,8% foram citados por Amaral *et al.* (2009) trabalhando com CaO, e 8,02% por Schmidt *et al.* (2007), que avaliaram aditivos químicos e biológicos na ensilagem da cana-de-açúcar. Já Santos *et al.* (2008), verificando a influência da utilização de aditivos químicos na ensilagem da cana, relataram valor de 4,76%, inferior ao deste trabalho. Pedroso *et al.* (2007), em silagem de cana-de-açúcar tratadas com 1, 2 e 3% de NaOH, observaram elevação na fração mineral, com valores de 9,12, 11,0 e 11,2% da MS, respectivamente. Ribeiro *et al.* (2009) citaram que a cana-de-açúcar sem aditivo apresentou, em média, 4,1% de MM, e a cana-de-açúcar tratada com 2,25% de NaOH e de CaO revelou, valores de 12,3 e 13,0%, que representam aumentos de 66,7 e 68,5%, respectivamente.

Os teores de carboidratos não fibrosos (% CNF), das silagens diferiram ($P<0,05$), em função das variedades e dos aditivos utilizados (TABELA 11). Na variedade RB 86-7515 a silagem com NaOH apresentou maior teor de CNF (54,59%), seguida pela silagem aditivada com CaO (42,04%), a silagem com ureia apresentou o menor teor de CNF (18,33%). Na variedade IAC 86-2480, o maior teor de CNF também foi encontrado na silagem com NaOH (51,89%), e a silagem com ureia apresentou o menor valor (32,02%). A diferença entre variedades foi constatada nas silagens com ureia, milho grão moído, *L. buchneri*

e na silagem-controle, com a variedade IAC 86-2480 apresentando maiores teores de CNF em todos os tratamentos em relação a RB 86-7515.

TABELA 11 - Valores médios de carboidratos não fibrosos (% CNF) e coeficiente de variação (CV) de silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Aditivos	Variedades	
	RB 86-7515	IAC 86-2480
Ureia	18,33Bd	32,02Ac
NaOH	54,59Aa	51,89Aa
CaO	42,04Ab	42,59Ab
Milho grão moído	30,57Bc	38,72Ab
<i>Lactobacillus buchneri</i>	28,98Bc	41,23Ab
Controle	30,50Bc	40,64Ab
Média	34,17B	41,18 ^a
CV (%) = 7,43		

Médias seguidas por letras diferentes na linha (maiúscula) e na coluna (minúscula) são diferentes entre variedades e dentro da variedade pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade, respectivamente.

As silagens com NaOH apresentaram maiores teores de CNF, possivelmente, pelo maior controle da população de leveduras epifíticas da cana-de-açúcar, o que é confirmado pelo maior teor de MS nessas silagens, e pelo fato de ter solubilizado parte da hemicelulose, o que explica os menores teores de FDN nas silagens com este álcali, incrementando, assim, os seus teores de CNF. As silagens aditivadas com ureia apresentaram menores teores de CNF, provavelmente, por terem apresentado maiores teores de FDN e menores teores de MS, devido à elevada ação das leveduras nessas silagens. Conforme Balieiro Neto *et al.* (2007), a intensa atividade de leveduras durante a ensilagem da cana-de-açúcar provoca redução significativa da fração de CNF. Reduzir o consumo de CNF melhora o valor nutricional da silagem por diminuir a fração fibrosa

durante a ensilagem e as perdas quantitativas, em razão da volatilização de produtos da fermentação.

Siqueira *et al.* (2007a) relataram que a determinação dos CNF é uma inferência das transformações ocorridas na fração de carboidratos, pois a cana possui basicamente duas frações na composição, CNF e FDN, que representam 90% da constituição dessa forragem. A FDN caracteriza-se por baixa digestibilidade a que se atribui a redução da digestibilidade das silagens de cana.

Os valores médios para o teor de CNF nas silagens foi de 34,17% na variedade RB 86-7515 e 41,18% na variedade IAC 86-2480, diferindo entre si. Esses valores são inferiores ao valor de 47,07% de CNF relatado por Magalhães *et al.* (2004), porém, são superiores aos valores encontrados por Moraes *et al.* (2008), em cana *in natura* adicionada ou não de 1,0% de CaO (30,99 e 23,87%, respectivamente). Siqueira *et al.* (2007a) constataram 14,9; 24,9; 5,1 e 27,8% de CNF na silagem-controle, com *L. buchneri*, ureia e NaOH, respectivamente, valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa. Por outro lado, Balieiro Neto *et al.* (2007), avaliando a ensilagem da cana-de-açúcar com diferentes níveis de CaO encontraram 30,92% de CNF também com 2% de CaO.

4.0 - CONCLUSÕES

O NaOH e o CaO melhoram o valor nutricional das silagens, pois elevam o teor de matéria seca e carboidratos não fibrosos e reduzem os teores de fibra, enquanto a ureia melhora o valor nutricional aumentando a proteína bruta.

As silagens da variedade IAC 86-2480 apresentam melhor valor nutricional, devido ao maior teor de matéria seca, e menores teores das frações fibrosas.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. C. *et al.* Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 8, p. 1413-1421, 2009.

ANDRADE, J. B.; FERRARI JÚNIOR, E.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem da cana-de-açúcar tratada com ureia e acrescida de rolão de milho **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 9, p. 1169-1174, set. 2001.

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19, 1994.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Arlington, Virginia, 1990. 1117 p.

ÁVILA, C. L. S. **Isolamento e uso de *Lactobacillus buchneri* na ensilagem de capim-mombaça e cana-de-açúcar**. 2007. 175 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BALIEIRO NETO, B. *et al.* Perdas fermentativas, composição química, estabilidade aeróbia e digestibilidade aparente de silagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos e microbianos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 21-630, jun. 2009.

BALIEIRO NETO, G. *et al.* Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p.1231-1239, 2007

BERNARDES, T. F. *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-MG, v. 36, n. 2, p. 269-275, 2007.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p.

FERREIRA, D. A. *et al.* Características de fermentação da silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia, zeólita, inoculante bacteriano e inoculante bacteriano/enzimático. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 2, p. 423-433, 2007.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. 45^a REUNIÃO ANUAL DA REGIAO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n.1, p. 38-47, 2006a.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Características da silagem de cana-de-açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 48-59, 2006b.

GENTIL, R. S. *et al.* Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v. 29, n. 1, p. 63-69, 2007.

JACKSON, M.G. Review articles: The alkali treatment of straws. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l], v. 2, n. 2, p.105-130, 1977.

JUNQUEIRA, M. C. **Aditivos químicos e inoculantes microbianos em silagens de cana de açúcar: perdas na conservação, estabilidade aeróbia e o desempenho de animais**. 2006. 98 p. Dissertação (Mestrado em ciência animal e pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

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

MAGALHÃES, A. L. R. *et al.* Cana-de-Açúcar em Substituição à Silagem de Milho em Dietas para Vacas em Lactação: Desempenho e Viabilidade Econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p.1292-1302, 2004.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage** . 2. ed. Marlow: Chalcombe Publication, 1991. 340 p.

MENDES, C. Q. *et al.* Desempenho, parâmetros da carcaça e comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com cana-de-açúcar ensilada ou *in natura*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 3, p.733-740, 2008a.

MENDES, C. Q. *et al.* Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 12, p. 2191-2198, 2008b.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., D. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450-492.

MORAES, K. A. K. *et al.* 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-MG, v. 37, n. 7, p. 1293-1300, 2008.

OLIVEIRA, M. D. S. *et al.* A. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 14, n. 1, p. 9-17, jan./jun. 2008.

PAULA, E. F. E. *et al.* Composição química de silagem e levedura seca de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP, 5.; ENCONTRO DE ZOOTECNIA, 6., Dracena. **Anais...** Dracena: UNESP, 2009.

PEDROSO A. F. *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-MG, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007

PEREIRA FILHO, J. M. *et al.* Efeito do Tratamento com Hidróxido de Sódio sobre a Fração Fibrosa, Digestibilidade e Tanino do Feno de Jurema-Preta (*Mimosa tenuiflora*. Wild). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p.70-76, 2003.

PEIXOTO, A. M. A cana-de-açúcar como recurso forrageiro. CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 1986, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1986. p. 86.

PIRES, A. J. V. *et al.* Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 3, p. 953-957, 2006. (suplemento)

QUEIROZ, O. C. M. **Associação de aditivos microbianos na ensilagem e o desempenho de vacas em lactação recebendo silagem de cana-de-açúcar comparada a volumoso tradicional/ Oscar César Muller Queiroz.** 2006. Dissertação (mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

QUEIROZ, O. C. M. *et al.* Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 2, p. 358-365, 2008.

RIBEIRO, L. S. O. *et al.* Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 39, n. 9, p.1911-1918, 2010.

RIBEIRO, L. S. O. *et al.* Valor nutritivo da cana-de-açúcar hidrolisada com hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 5, p. 1156-1164, 2009.

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

SANTOS, M. C. *et al.*. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 9, p.1555-1563, 2008.

SCHMIDT, P. *et al.* Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p.1666-1675, 2007.

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

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

SIQUEIRA, G. R. *et al.* Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007b (suplemento)

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

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent, and nonstarch polysaccharides in relation to animal

nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991

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

CAPÍTULO II

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DAS SILAGENS DE VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR COM ADITIVOS

RESUMO

SILVA, Geanderson Walder Vieira. **Degradabilidade *in situ* das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos**. 2012. Capítulo II – p. 69-105. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba – MG.⁵

A utilização da cana-de-açúcar ensilada tem sido uma alternativa para evitar os problemas do corte diário, além de facilitar o seu uso no sistema de produção. Devido ao teor de carboidratos solúveis, a cana é susceptível à ação de leveduras, gerando perda de matéria seca, redução nos teores de carboidratos solúveis e incremento das frações fibrosas. Isso pode afetar a digestibilidade do alimento e reduzir o desempenho animal, sendo necessário algum aditivo que controle a atividade desses microrganismos. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a degradabilidade *in situ* das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos. No estudo foram utilizados três novilhos mestiços, fistulados no rúmen, com peso médio de 450 kg. A avaliação da degradabilidade foi realizada segundo um delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 6 sendo duas variedades de cana (IAC 86-2480 e RB 86-7515), e cinco aditivos (ureia, NaOH, CaO, milho grão moído e *Lactobacillus buchneri*), mais a silagem-controle, com 3 blocos (animais). O inoculante utilizado foi a cepa NCIMB 40788 do Inoculante comercial silo Max® na dose de $2,5 \times 10^{10}$ UFC/g de forragem. As amostras foram incubadas no rúmen, nos tempos de 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Os alimentos e os resíduos remanescentes nos sacos de náilon, recolhidos no rúmen foram analisados quanto aos teores de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro. O NaOH e o CaO aumentaram os valores da fração solúvel e a degradabilidade efetiva da matéria seca das silagens. A fração solúvel e a degradabilidade efetiva da proteína bruta foram maiores nas silagens com ureia. A fração insolúvel potencialmente degradável, a fração indegradável e a degradabilidade potencial da fibra em detergente neutro não diferiram entre os tratamentos. A degradabilidade efetiva da fibra em detergente neutro das duas variedades foi maior nas silagens com NaOH e CaO. As silagens aditivadas com NaOH, CaO são de melhor valor nutricional, pois apresentam maior degradabilidade efetiva da matéria seca e fibra em detergente neutro. A variedade IAC 86-2480 apresenta melhor valor nutricional em relação à RB 86-7515, devido à maior degradabilidade efetiva da matéria seca.

Palavras-chave: efetiva, forrageira, potencial, variedades

⁵ **Comitê de Orientação:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Orientador); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires – Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-orientador).

ABSTRACT

SILVA, GEanderson Walder Vieira. **Degradabilidade *in situ* of silages of sugarcane varieties with additive.** 2012. Chapter II. p. 69-105. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG, Brazil.⁶

Sugarcane silage has been an alternative to avoid of daily cut problems, besides facilitating its use in the production system. Due to its soluble carbohydrates content, the cane is susceptible to yeasts' action, generating loss of dry matter, reduction in soluble carbohydrates content and increment of the fibrous fractions. That could affect the digestibility of the food and reduce the animal performance, being necessary some additive that control the activity of those microorganisms. Thus, the aim of this work was to evaluate the *in situ* degradability of the silages of sugarcane varieties with additive. In the study three crossbred steers were used, fistulated in the rumen, with medium weight of 450 kg. The evaluation of the degradability was carried out according to a design in blocks at random, in factorial scheme 2 x 6 being two cane varieties (IAC 86-2480 and RB 86-7515), and five additive (urea, NaOH, CaO, corn and *Lactobacillus buchneri*), plus the control silage, with 3 blocks (animals). As for the inoculant, NCIMB 40788 of the Silo Max® Commercial inoculant in the dose of 2.5 x 10¹⁰ UFC/g of forage was used. The samples were incubated in the rumen in the times of 0, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 hours. The foods and the remaining residues in the nylon bags, collected in the rumen, were analyzed as for content of dry matter, crude protein and neutral detergent fiber. The NaOH and the CaO increased the values of soluble fraction and the effective degradability of dry matter dries of the silages. The soluble fraction and the effective degradability of the crude protein were larger in the silages with urea. The insoluble fraction potentially degradable, the non degradable fraction and the potential degradability of in neutral detergent fiber did not show difference among the treatments. The effective degradability of the neutral detergent fiber of the two varieties was higher in the silages with NaOH and CaO. The silages treated with NaOH, CaO are of better nutritional value, because they present the highest effective degradability of dry matter and neutral detergent fiber. The IAC 86-2480 variety presents better nutritional value than RB 86-7515 one, due to the highest effective degradability of dry matter.

Keywords: effective, potential, fodder plant, varieties

⁶ **Guidance Committee:** Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior – UNIMONTES (Adviser); Prof. DSc. Daniel Ananias de Assis Pires - UNIMONTES (Co-adviser).

1.0 - INTRODUÇÃO

A sazonalidade da produção de forragens e a necessidade de se obter maior uniformidade na produção animal durante o ano têm levado os pecuaristas a adotar práticas de conservação de forragens principalmente na forma de silagem. A conservação de volumosos tem sido utilizada como uma alternativa que permite aproveitar forrageiras na alimentação animal, em qualquer período do ano, minimizando os efeitos negativos do período crítico do ano sobre a produção animal (RIBEIRO *et al.*, 2010).

Geralmente, o consumo de silagem é inferior ao da forragem original que não sofreu processo de fermentação. Van Soest (1994) relata que há três hipóteses associadas ao baixo consumo de silagens: presença de substâncias tóxicas, como aminas produzidas durante o processo de fermentação; alto conteúdo de ácidos nas silagens extensivamente fermentadas, causando redução na aceitabilidade; e diminuição dos carboidratos solúveis, reduzindo a disponibilidade de energia para o crescimento de microrganismos do rúmen.

Com o intuito de melhorar o padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar, vários aditivos têm sido testados para que a ensilagem de cana-de-açúcar seja uma alternativa viável e rentável.

A utilização da cana-de-açúcar ensilada tem despertado interesse em produtores e pesquisadores, devido aos benefícios em logística e operacionalidade. A quase totalidade de pesquisas desenvolvidas tem permitido a obtenção de aditivos para inibir a fermentação alcoólica característica desse material. A maioria destaca a composição químico-bromatológica das silagens, as perdas durante o processo de conservação e desempenho de animais. Contudo, ainda são incipientes os dados sobre a degradabilidade de nutrientes das silagens (SCHMIDT *et al.*, 2007a).

A eficiência dos sistemas de produção de bovinos depende de alguns fatores, entre eles a oferta adequada de nutrientes aos animais. O valor nutricional de um alimento tem sido definido como o produto do seu consumo voluntário, da sua digestibilidade e da eficiência com que os nutrientes digeridos são utilizados. O parâmetro mais consistente para determinar o potencial de um alimento ou dieta em suprir as exigências nutricionais de uma categoria animal, em um sistema específico de manejo, é o desempenho animal obtido com sua utilização. Porém, experimentos deste tipo são caros e demandam tempo para a obtenção de resultados. Em função disso, várias técnicas alternativas de avaliação dos alimentos foram desenvolvidas nas últimas décadas (SILVEIRA, 2006).

Uma técnica eficaz para avaliar a degradabilidade do alimento é a técnica de degradabilidade *in situ* que evidencia características próprias de determinado alimento e também mostra o seu comportamento durante o processo digestivo. Os atuais sistemas de dietas para ruminantes consideram a cinética da degradabilidade das diferentes frações dos alimentos, principalmente da proteína e dos carboidratos não estruturais, além de estimar o potencial de crescimento microbiano a partir da fração fermentável (TONANI *et al.*, 2001).

O conhecimento do valor nutritivo dos alimentos que compõem a dieta dos animais é imprescindível, pois pode proporcionar a adequação de dietas, otimizando o desempenho produtivo e reduzindo os custos de produção, bem como as perdas energéticas e de compostos nitrogenados associados à digestão e ao metabolismo dos nutrientes (CABRAL, 2002). De acordo com Cabral *et al.* (2005), a alimentação merece atenção especial, visto que chega a representar 60% dos custos de produção, demonstrando grande impacto sobre a economia do sistema de produção.

A qualidade da fibra do alimento é importante para o consumo, sendo este o fator de maior influência no desempenho animal. Quando a fibra é de boa

qualidade, o alimento digerido pode ser substituído por mais alimento consumido, potencializando a produtividade animal, mas se a degradabilidade for prolongada, a repleção ruminal limitará o consumo. A cana caracteriza-se por apresentar uma fibra de baixa degradabilidade, por isso, seria importante selecionar variedades de cana com taxas de degradabilidade mais elevadas, o que pode favorecer o consumo de alimento (FREITAS *et al.*, 2006).

Objetivou-se com este trabalho avaliar a degradabilidade *in situ* das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos.

2.0 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Campus de Janaúba - MG.

Foram utilizadas as variedades de cana IAC 86-2480 e RB 86-7515 provenientes da fazenda experimental da UNIMONTES. A cana foi picada utilizando uma ensiladeira mecânica estacionária, para obter partículas com tamanho médio inferior a 2 cm.

Os ensaios de degradabilidade *in situ*, para as silagens, foram realizados segundo um delineamento em blocos casualizados com esquema fatorial 2 x 6, sendo duas variedades de cana (IAC 86-2480 e RB 86-7515), cinco aditivos (ureia, NaOH, CaO, milho grão moído e *Lactobacillus buchneri*), mais a silagem-controle (sem aditivo) com 3 blocos (animais). O ensaio teve duração de 14 dias, sendo 10 dias de adaptação à dieta e 4 dias de incubação.

As doses dos aditivos para cada tratamento em relação à matéria verde foram de: 1% de ureia, 1,5% de NaOH, 2% de CaO, 5% de milho grão moído e a cepa NCIMB 40788 do Inoculante comercial silo Max® na dose de $2,5 \times 10^{10}$ UFC/g de forragem.

Foram utilizados silos experimentais cilíndricos de PVC, de pesos conhecidos, com 40 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro. Após a completa homogeneização dos aditivos, a forragem picada foi depositada nos silos e compactada com auxílio de um êmbolo de madeira. Após o enchimento, os silos foram fechados com tampas de PVC dotados de válvula tipo *Bunsen*, vedados com fita adesiva e mantidos à temperatura ambiente, até a abertura aos 60 dias após o processo de ensilagem. Posteriormente, a silagem de cada silo foi homogeneizada e pré-secada em estufa de ventilação forçada a 55 °C até peso

constante. O material pré-seco foi moído em moinho Tipo Wiley em peneiras de 5 mm.

No ensaio da degradabilidade *in situ* foram utilizados três novilhos mestiços, fistulados no rúmen, com peso médio de aproximadamente 450 kg. Os animais foram confinados e receberam 3,0 kg de concentrado/cabeça/dia, além das dietas à base de silagem de cana, para avaliar a degradabilidade das silagens com diferentes aditivos.

Foi utilizada a técnica da degradabilidade *in situ* através do uso de sacos de náilon (10 x 20 cm), incubados no rúmen, com porosidade aproximada de 50 µm.

Primeiramente, os sacos foram colocados em estufa a 55 °C com ventilação forçada por 48 horas, sendo retirados e colocados em dessecador, até resfriarem, para posterior pesagem. As amostras das silagens de duas variedades de cana contendo os diferentes aditivos foram colocadas em sacos de náilon, utilizando-se 8 gramas de amostra para os maiores tempos de incubação (48, 72 e 96 h) e 6 g para os outros tempos (0, 6, 12 e 24 h). Os sacos foram então colocados em sacolas de filó, medindo 15 x 30 cm, juntamente com pesos de chumbo de 100 g, para pesar e permitir que as amostras ficassem imersas no líquido ruminal. As sacolas foram amarradas com um fio de náilon, deixando um comprimento livre de 1,5 m para que as mesmas tivessem livre movimentação nas fases sólidas e líquidas do rúmen. As sacolas foram então depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 6, 12, 24, 48, 72 e 96 horas, permanecendo a extremidade do fio de náilon amarrado à cânula.

Foram alocados no rúmen 12 sacos (2 variedades x 6 tratamentos) por tempo de incubação, em cada animal, em duplicata, nos seus respectivos horários de incubação. Após o término do período de incubação, as sacolas de filó foram retiradas do rúmen, abertas, e os sacos de náilon, contendo as amostras, foram imediatamente lavados em água corrente, até observar a água

transparente. Após a lavagem, os sacos foram colocados em estufa a 55 °C durante 72 horas, posteriormente foram resfriados em dessecador e pesados.

Os sacos referentes ao tempo zero, para determinar a fração prontamente solúvel, foram introduzidos na massa ruminal e imediatamente retirados, recebendo, então, o mesmo tratamento destinado aos demais tempos.

Os alimentos e os resíduos remanescentes nos sacos de náilon, recolhidos no rúmen, foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN). A porcentagem de degradabilidade foi calculada pela proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal. A FDN foi analisada segundo Van Soest (1982), e os demais como descrito pela A.O.A.C (1990).

Os dados obtidos foram ajustados para uma equação de regressão não linear pelo método de Gauss-Newton (NETER *et al.*, 1985), através do software SAS (SAS Institute, 2000), conforme a equação proposta por Orskov e McDonald (1979).

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Em que:

Y = degradabilidade acumulada do componente nutritivo analisado, após um tempo t;

a = intervalo da curva de degradabilidade quando t = 0, correspondendo à fração solúvel do componente nutritivo analisado;

b = potencial de degradabilidade da fração insolúvel do componente nutritivo analisado;

a + b = degradabilidade potencial do componente nutritivo analisado, quando o tempo t não é um fator limitante;

c = taxa de degradação por ação fermentativa da fração b.

Uma vez calculadas as constantes a, b e c estas foram aplicadas à equação proposta por Orskov e McDonald (1979);

$$P = a + \frac{b \cdot c}{c + k}$$

$$c + k$$

Em que:

P = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado;

k = taxa de passagem ruminal do alimento (0,05%/h)

As degradabilidades efetivas ruminais foram calculadas e expressas em termos de matéria seca, proteína bruta e fibra em detergente neutro efetivamente degradada no rúmen, para uma taxa de passagem de 5%/h.

As variáveis foram analisadas usando o procedimento GLM do programa estatístico SAS (SAS Institute, 2000), depois de obtidos os valores dos parâmetros fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE), os mesmos foram submetidos à análise de variância por meio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000), e quando o teste F apresentou significância para os fatores principais e suas interações as médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, conforme o modelo estatístico a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + A_j + VA_{ij} + B_k + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = valor referente à observação da variedade i, com aditivo j submetido ao bloco k

μ = média geral

V_i = efeito da variedade i (i = 1, 2)

A_j = efeito do aditivo j (j = 1, 2, 3, 4, 5)

VA_{ij} = efeito da interação variedade i x aditivo utilizado j

B_k = efeito do bloco k (k = 1, 2, 3)

ε_{ijk} = erro experimental, independente, associado aos valores observados (Y_{ijk}), que por hipótese tem distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito de interação ($P < 0,05$), de variedade de cana-de-açúcar com aditivos, para a fração solúvel (fração A) das silagens (TABELA 1).

TABELA 1 - Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (%MS), e coeficiente de variação (CV) das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Variedades	Aditivos	A	B	c	FI	DP	DE
IAC 86-2480	Ureia	41,97Ac	32,25Aa	1,7Ab	25,78Aa	74,22Aa	49,98Ac
	NaOH	55,96Ba	25,26Aa	2,9Aa	18,78Aa	81,22Aa	65,13Ba
	CaO	45,97Bb	26,75Aa	3,9Aa	27,28Aa	72,72Aa	57,21Ab
	Milho	36,32Ad	32,65Aa	3,5Aa	31,04Ba	68,96Aa	49,64Ac
	L. b.	34,15Ad	33,27Aa	2,1Ab	32,57Aa	67,43Aa	44,13Ad
	Controle	35,36Ad	32,71Aa	1,9Ab	31,93Aa	68,07Aa	44,54Ad
RB 86-7515	Ureia	26,98Bd	35,90Aa	2,2Aa	37,12Aa	62,88Ac	37,98Bd
	NaOH	60,15Aa	25,28Ab	2,1Aa	14,57Ac	85,43Aa	67,38Aa
	CaO	50,11Ab	23,29Ab	1,9Ba	26,59Ab	73,40Ab	56,12Ab
	Milho	33,95Bc	25,27Ab	3,1Aa	40,77Aa	59,23Bc	43,71Bc
	L. b.	24,46Be	38,51Aa	2,0Aa	37,03Aa	62,97Ac	34,72Be
	Controle	22,24Be	41,81Aa	1,7Aa	35,96Aa	64,04Ac	32,29Be
CV (%)		3,09	16,47	27,57	18,75	7,96	2,38

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas) na coluna representam diferenças estatísticas entre variedades. Médias seguidas por letras diferentes (minúsculas) na coluna representam diferenças estatísticas entre tratamentos (aditivos), pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (c), fração indegradável (FI), degradabilidade potencial (DP) e degradabilidade efetiva (DE), L. b. (*Lactobacillus buchneri*).

Na variedade IAC 86-2480, os maiores valores foram encontrados na silagem com NaOH (55,96%), seguida pela silagem com CaO (45,97%), enquanto as silagens aditivadas com milho grão moído, *L. buchneri*, e a controle apresentaram os menores valores sendo semelhantes estatisticamente. Na

variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH também apresentou maiores valores (60,15%), seguida pela silagem com CaO (50,11%), já a silagem com *L. buchneri* e a silagem-controle apresentaram os menores valores não diferindo entre si. A diferença entre variedades foi constatada em todos os tratamentos, com a variedade RB 86-7515 apresentando maiores valores, nas silagens com NaOH e CaO, enquanto a IAC 86-2480 apresentou maiores teores nos outros tratamentos, incluindo a silagem-controle. Os maiores teores da fração A, nas silagens com NaOH e CaO, podem ser explicados pelo fato de as substâncias alcalinizantes (NaOH e CaO) terem a capacidade de solubilizar parte da fração fibrosa (hemicelulose), comportamento afim ao que ocorreu com a FDN, já que esta fração foi menor nas silagens que receberam os álcalis como aditivos (Capítulo 1). Segundo Amaral *et al.* (2009), os álcalis atuam hidroliticamente no complexo lignina, carboidratos, alterando a estrutura dos polissacarídeos. Assim, há a expansão das moléculas de celulose, devido ao rompimento das ligações intermoleculares e solubilização de parte da hemicelulose.

Rossi Júnior e Schogor (2006), trabalhando com a degradabilidade *in situ* de cana-de-açúcar ensilada com ureia e milho em diferentes proporções, verificaram que a silagem de cana pura apresentou o menor valor da fração A (23,4%), fato que também ocorreu nesta pesquisa. A média da fração A da MS da variedade RB 86-7515 foi de 36,95%, diferindo estatisticamente da IAC 86-2480 que apresentou média de 41,62%. Tal fato pode ser confirmado em virtude de a RB 86-7515 ter apresentado média de 52,14% de FDN, diferindo estatisticamente da IAC 86-2480 que apresentou média de 44,87% (Capítulo 1).

As duas variedades utilizadas neste experimento apresentaram valores da fração solúvel (A) da MS maiores do que os relatados por Silveira *et al.* (2002) de 23,16% em silagem de cana aditivada com polpa cítrica peletizada. Porém, são inferiores ao valor de 48,8%, apresentado por Fernandes *et al.* (2003) ao avaliar a composição dos carboidratos da cana em diferentes idades de corte.

Os teores da fração insolúvel potencialmente degradável (B) da MS não diferiram ($P>0,05$) em função das variedades, porém, diferiram de acordo com os aditivos utilizados ($P<0,05$) apenas na variedade RB 86-7515. Nesta variedade as silagens tratadas com ureia, *L. buchneri* e a silagem-controle apresentaram os maiores valores de B, provavelmente por terem apresentado menores valores da fração solúvel (A), já que na variedade RB 86-7515 esses mesmos aditivos apresentaram menores valores de A quando comparados à variedade IAC 86-2480. Já as silagens tratadas com os álcalis revelaram menores valores de B, devido à solubilização de parte dos carboidratos da parede celular, o que é confirmado pelos elevados valores de A, nesses tratamentos. As silagens acrescidas com milho apresentaram menores valores de B, pela contribuição do milho com sua parte solúvel, incrementando, assim, os valores de A e reduzindo, conseqüentemente, os valores de B.

As médias dos tratamentos mostram que houve diferenças entre eles ($P<0,05$) quanto à fração B. As silagens que receberam NaOH, CaO, milho e ureia revelaram as menores médias, enquanto as silagens com *L. buchneri* e a silagem-controle apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si. A média da fração B não diferiu ($P>0,05$), entre variedades, sendo de 30,48% para a variedade IAC 86-2480 e de 30,81% para a RB 86-7515.

Os valores de B apresentados pelas duas variedades são próximos do valor de 30,4% relatado por Fernandes *et al.* (2003), e superiores aos valores de 28,1% da fração B da MS reportados por Schmidt *et al.* (2007b), na silagem da cana-de-açúcar com aditivos químicos ou biológicos.

A taxa de degradação ruminal (c) revelou diferenças entre as variedades ($P<0,05$), com os aditivos diferindo entre si apenas na variedade IAC 86-2480 cujas silagens tratadas com NaOH, CaO e milho apresentaram valores superiores de c, enquanto as silagens com ureia, *L. buchneri* e a silagem-controle demonstraram menores valores e foram semelhantes. Entre variedades o único

aditivo que apresentou diferenças foram as silagens com CaO, com a IAC 86-2480 apresentando maior valor (3,9%) em relação à RB 86-7515 (1,9%). As silagens com NaOH e CaO na variedade IAC 86-2480 podem ter apresentado maiores valores de c, em decorrência dos aditivos apresentarem maior fração solúvel da MS, e o milho por ter melhorado o valor nutricional da silagem, exigindo, assim, menor tempo de retenção no rúmen para ser degradada. A ureia também melhorou o valor nutricional das silagens, pelo incremento no teor de PB, o que pode favorecer o crescimento microbiano, melhorar o aproveitamento da fibra e aumentar a digestibilidade da forragem, no entanto não houve melhora na qualidade da fibra com a adição de ureia, embora Reis *et al.* (1990) afirmarem que a ureia ao ser adicionada na forragem durante o processo de ensilagem é convertida em amônia, que se liga à água formando o hidróxido de amônia, que é capaz de romper algumas ligações ésteres entre as moléculas de hemicelulose, celulose e lignina podendo maximizar a digestibilidade da silagem. Na variedade RB 86-7515 era de se esperar que os mesmos aditivos também demonstrassem maiores valores de c, já que apresentaram maiores frações solúveis, porém tal fato não ocorreu, sendo todos os aditivos dentro desta variedade semelhantes entre si. O fato de a variedade RB 86-7515 ter apresentado maior teor médio de FDN (52,14%), em relação à IAC 86-2480 (44,87%) (Capítulo 1), pode ser a explicação para esse comportamento, pois evidencia que a fibra da variedade RB 86-7515 é de qualidade inferior, em relação à IAC 86-2480.

Ao avaliar a média de c das variedades, observa-se que não houve diferenças entre elas ($P>0,05$). A taxa de degradabilidade média da variedade IAC 86-2480 foi de 2,69%/h e a da RB 86-7515 de 2,21%/h. De acordo com Sampaio (1988), alimentos que apresentam taxas de degradabilidade da MS inferiores a 2,0%/h são de baixa qualidade, pois necessitam de muito tempo no rúmen para serem degradados.

Os valores de *c* variam muito na literatura. Pereira *et al.* (1996), trabalhando com bovinos alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas, relataram valores da taxa de degradabilidade da MS da cana integral e com ureia de 6,0%/h, enquanto Valadares Filho *et al.* (1990) encontraram valores de *c* de apenas 0,2%/h para a MS da cana-de-açúcar. Este baixo valor de *c* pode ser justificado pela redução na degradabilidade da MS, resultante do baixo pH ruminal que foi causado pelo elevado teor de concentrado na ração (45%). Os valores médios de *c* apresentados na silagem tratada com ureia (1,82%/h), *L. buchneri* (2,08%/h) e a silagem-controle (1,86%/h) são inferiores aos valores de 3,7; 3,49 e 3,27%/h apresentados pelos mesmos tratamentos, respectivamente (SCHMIDT *et al.*, 2007b), na ensilagem de cana-de-açúcar com aditivos químicos ou biológicos. Silveira *et al.* (2002) relataram valor de 3,79 em silagens de cana com polpa cítrica peletizada. Esse valor é próximo ao apresentado pelas silagens com milho nesta pesquisa (3,33), ambos aditivos absorventes de umidade. Carmo *et al.* (2001), avaliando a degradabilidade da MS e FDN da cana com diferentes fontes de proteína encontraram 3,34%/h.

A fração indegradável (FI) diferiu entre as variedades ($P < 0,05$), com os aditivos apresentando diferenças entre si apenas na variedade RB 86-7515. Possivelmente, isso tenha ocorrido porque a RB 86-7515 apresentou um teor médio de FDA maior do que a IAC 86-2480 (Capítulo 1), 31,65 e 26,47% de FDA, respectivamente, sendo a fração de FDA diretamente relacionada com a digestibilidade do alimento. Na variedade RB 86-7515, as silagens com ureia, milho, *L. buchneri* e a silagem-controle revelaram maiores valores de FI, sendo semelhantes entre si. A silagem com NaOH apresentou os menores valores de FI (14,57%) com aquela que recebeu o CaO demonstrando valores intermediários de FI (26,59%). As variedades diferiram apenas no tratamento com milho, em que a RB 86-7515 apresentou maior valor de FI (40,77%), em relação a IAC 86-2480 (31,04%). Na variedade RB 86-7515, as silagens com NaOH e CaO

podem ter seus menores valores de FI justificados pelos maiores teores de A, e menores teores de B. O fato de a variedade IAC 86-2480 ter apresentado, nos tratamentos com NaOH e CaO, maior fração A e baixos valores para a fração B era de se esperar que nestes tratamentos a FI fosse menor do que nos outros, porém, não houve diferença entre eles dentro dessa variedade, o que pode ser explicado por não ter havido diferenças entre os aditivos para a fração B.

As silagens com NaOH apresentaram as menores médias de FI (17,09%), seguidas pelas silagens com CaO (26,94%) e das silagens com ureia (28,62%), que apresentaram valores intermediários, enquanto as silagens com milho (35,9%), silagens com *L. buchneri* (34,8%) e silagens-controle (33,54%) apresentaram as maiores médias sendo semelhantes entre si. A média da variedade RB 86-7515 foi de 32,24% de FI, diferindo ($P < 0,05$) da IAC 86-2480 que apresentou média de 27,89% de FI. Tais resultados podem ser explicados em virtude das duas variedades terem diferido quanto ao teor de FDA, onde a RB 86-7515 apresentou média de 31,65% de FDA, diferindo da IAC 86-2480 que revelou média de 26,47% de FDA (Capítulo 1). Segundo Silva e Queiroz (2002), a degradabilidade da FDA está intimamente ligada à digestibilidade dos alimentos, e o seu aproveitamento será maior ou menor de acordo com sua composição, já que a lignina da FDA não é aproveitada.

A média de FI das silagens aditivadas com ureia (28,62%) é inferior ao valor de 42,02% da silagem com o mesmo aditivo relatado por Rossi Júnior e Schogor (2006), enquanto a média das silagens com milho (35,9%) é próxima aos 37,3% encontrados na silagem com ureia e milho também no trabalho de Rossi Junior e Schogor (2006). Já Fernandes *et al.* (2003) citaram valores médios de 28,3% para a fração indigestível, ao avaliar a composição percentual dos carboidratos da cana em diferentes idades de corte. Todavia, esses autores trabalharam com o método de produção de gases.

A variedade IAC 86-2480 não apresentou diferenças ($P>0,05$), entre os aditivos, quanto aos valores de degradabilidade potencial (DP). Já na RB 86-7515 os aditivos diferiram entre si ($P<0,05$), cuja silagem com NaOH demonstrou a maior DP (85,43%) seguida pela silagem com CaO que apresentou valor intermediário (73,40%). Os outros aditivos apresentaram menores valores de DP não diferindo entre si. Segundo Ezequiel *et al.* (2005), o tratamento de volumosos com NaOH, geralmente, tem proporcionado melhoria na digestibilidade da MS, incrementando o consumo voluntário.

Entre variedades houve diferenças para DP, apenas entre as silagens com milho, em que a IAC 86-2480 exibiu o maior valor (68,96%) em relação a RB 86-7515 (59,23%). Essa diferença pode ser justificada devido a variedade RB 86-7515 ter apresentado maior valor para a fração indegradável (40,77%) em comparação à IAC 86-2480 (31,04%) nesse tratamento.

Schmidt *et al.* (2007b), avaliando parâmetros ruminais e degradabilidade da MS e das frações fibrosas em silagens de cana tratadas com aditivos químicos ou biológicos, encontraram maior valor para DP na silagem com ureia (58,3%), com a silagem com *Lactobacillus plantarum* apresentando menor valor (54,9%). Nesta pesquisa, as silagens com ureia e *L. buchneri* evidenciaram valores superiores, 68,55 e 65,19%, respectivamente. Esses autores citam ainda valores médios de DP de 56,2%, também inferior aos valores médios revelados pelas variedades IAC 86-2480 e RB 86-7515 de 72,10 e 67,76%, respectivamente. Franzolin e Franzolin (2000), verificando diferenças entre os parâmetros da degradação da cana, entre bubalinos e bovinos, observaram valores de DP para MS de 77,82% em bovinos. Já Oliveira *et al.* (2008), analisando a ação hidrolítica da cal hidratada (CaOH) sobre a cana, relataram valores de 68,71% de digestibilidade.

Com relação à degradabilidade efetiva (DE) da MS, considerando uma taxa de passagem de 5%, houve diferenças ($P<0,05$) tanto entre aditivos como

entre as variedades de cana-de-açúcar. Na variedade IAC 86-2480, o maior valor de DE foi encontrado na silagem com NaOH (65,13%), seguida pela silagem com CaO (57,21%), a silagem aditivada com *L. buchneri* (44,13%) e a controle (44,54%) apresentaram os menores valores, sendo semelhantes estatisticamente. Na variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH também apresentou maior valor (67,38%), seguida pela silagem aditivada com CaO (56,12%), a silagem com *L. buchneri* (34,72%) e a silagem-controle (32,29%) apresentando os menores valores não diferindo entre si. A diferença entre variedades foi constatada em todos os tratamentos, exceto nas silagens que receberam CaO. A variedade RB 86-7515 exibiu maiores valores, apenas nas silagens com NaOH, enquanto a IAC 86-2480 apresentou maior DE da MS nos outros tratamentos, incluindo a silagem-controle. Isso pode ser justificado pela melhor qualidade da fibra da variedade IAC 86-2480 (Capítulo 1) em relação à RB 86-7515.

Os maiores valores da DE, nas silagens com NaOH e CaO, são justificados pela ação das substâncias alcalinizantes em solubilizar parte da fração fibrosa, fato confirmado pelos menores valores de FDN e FDA (Capítulo 1) e valores superiores da fração solúvel nestes tratamentos, sendo a FDA o principal fator de influência na digestibilidade. Cavali *et al.* (2006), analisando diferentes doses de CaO em silagens de cana-de-açúcar, observaram menores concentrações nos valores de FDN, FDA e maiores coeficientes de digestibilidade nas silagens tratadas. As silagens tratadas com ureia e milho grão moído demonstraram valores de DE intermediários, o que ocorreu, provavelmente, devido à participação da parte degradável destes aditivos, já que a ureia é 100% degradável e o milho chega a apresentar degradabilidade efetiva de 41,28 a 62,27% (PASSINI *et al.*, 2004).

Ezequiel *et al.* (2005), avaliando o efeito do processamento da cana-de-açúcar sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem, concluíram que o tratamento da cana-de-açúcar com 1,5% de NaOH aumentou a digestibilidade da

MS em média 36,8 e 26,0%, para a cana-de-açúcar hidrolizada e ensilada, respectivamente, em relação à cana-de-açúcar *in natura*. O menor aumento na digestibilidade da silagem pode ser justificado por haver consumo de carboidratos solúveis, durante o processo de ensilagem. A digestibilidade efetiva média das silagens com NaOH, encontrada no atual ensaio (66,03%), é muito superior ao valor obtido por Pinto *et al.* (2007) que, ao avaliar a degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio, encontraram valores médios de 45,32%. As silagens aditivadas com milho grão moído apresentaram digestibilidade média de 46,68%, valor inferior a 49,89% registrado por Silveira *et al.* (2002) ao avaliarem a fermentação e a degradabilidade ruminal em bovinos alimentados com resíduos de mandioca e cana-de-açúcar ensilados com polpa cítrica peletizada.

A tabela 2 mostra a porcentagem de desaparecimento da MS, das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos, em função dos períodos de incubação. Verificou-se predominância do desaparecimento da MS das silagens tratadas com NaOH, em todos os tempos de incubação, seguidas das silagens com CaO. O maior desaparecimento ruminal da MS das silagens aditivadas com NaOH e CaO no tempo zero ocorreu devido à maior presença de compostos solúveis em relação às demais silagens, o que é proporcionado pelo efeito hidrolítico desses álcalis, já que possuem a capacidade de solubilizar parte da fração fibrosa dos alimentos. No tempo zero, a variedade RB 86-7515 exibiu os menores valores da fração solúvel, na silagem com *L. buchneri* (24,46%) e na silagem-controle (22,24%).

TABELA 2 - Porcentagem de Desaparecimento da Matéria Seca (%MS), das Silagens de Duas Variedades de Cana-de-Açúcar com Diferentes Aditivos

IAC 86-2480								
Tempos de incubação (horas)								
Aditivos	0	6	12	24	48	72	96	R ²
Ureia ¹	41,97	46,08	48,90	53,74	60,91	65,69	71,87	0,97
NaOH ²	55,96	59,97	63,35	68,57	74,89	78,05	79,63	0,96
CaO ³	45,97	51,56	55,98	62,24	68,62	70,11	71,09	0,97
Milho ⁴	36,32	42,54	47,58	54,96	62,96	66,39	67,86	0,99
L. buchneri ⁵	34,15	39,17	42,70	48,53	55,53	60,31	63,17	0,98
Controle ⁶	35,36	38,98	42,19	47,59	55,24	60,04	62,04	0,95
RB 86-7515								
Tempos de incubação (horas)								
Aditivos	0	6	12	24	48	72	96	R ²
Ureia ⁷	26,98	31,44	35,34	41,76	50,45	55,57	58,58	0,95
NaOH ⁸	60,15	63,08	65,67	69,99	76,00	79,67	80,91	0,96
CaO ⁹	50,11	52,65	54,91	58,72	64,15	67,57	69,73	0,95
Milho ¹⁰	33,95	38,32	41,93	47,38	53,68	56,63	58,01	0,97
L. buchneri ¹¹	24,46	28,83	32,70	39,18	48,27	53,89	57,36	0,94
Controle ¹²	22,24	26,28	29,93	36,21	45,51	51,71	55,83	0,98

R² = coeficiente de determinação

$${}^1Y = 41,97 + 32,25 (1 - e^{-0,017*t}) \quad {}^2Y = 55,96 + 25,26 (1 - e^{-0,029*t})$$

$${}^3Y = 45,97 + 26,75 (1 - e^{-0,039*t}) \quad {}^4Y = 36,32 + 32,65 (1 - e^{-0,035*t})$$

$${}^5Y = 34,15 + 33,27 (1 - e^{-0,021*t}) \quad {}^6Y = 35,36 + 32,71 (1 - e^{-0,019*t})$$

$${}^7Y = 26,98 + 35,90 (1 - e^{-0,022*t}) \quad {}^8Y = 60,15 + 25,28 (1 - e^{-0,021*t})$$

$${}^9Y = 50,11 + 23,29 (1 - e^{-0,019*t}) \quad {}^{10}Y = 33,95 + 25,27 (1 - e^{-0,031*t})$$

$${}^{11}Y = 24,46 + 38,51 (1 - e^{-0,02*t}) \quad {}^{12}Y = 22,24 + 41,81 (1 - e^{-0,017*t})$$

No último período de incubação (96 horas), as silagens das duas variedades com NaOH apresentaram os maiores valores de desaparecimento da MS, seguidas pelas silagens tratadas com CaO. Os menores valores foram apresentados pelas silagens da variedade RB 86-7515 com *L. buchneri* e silagens-controle, confirmando o que ocorreu no tempo zero. A diferença no desaparecimento final (96 horas) da MS pode ter sido influenciada pelo teor de fibra apresentado nas variedades, pois o teor de FDN variou, sendo de 33,08; 41,50; 51,39; 54,81; 55,12 e 55,14%, como valores médios das silagens tratadas

com NaOH, CaO, ureia, *L. buchneri*, milho grão moído e silagens-controle (Capítulo 1), respectivamente.

Os valores da fração solúvel (A), da PB das silagens (TABELA 3), diferiram ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados.

TABELA 3 - Parâmetros da degradação ruminal da proteína bruta (PB) e coeficiente de variação (CV) das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Variedades	Aditivos	A	B	c	FI	DP	DE
IAC 86-2480	Ureia	83,09Aa	10,77Ad	3,63Aa	6,12Bb	93,87Aa	86,02Aa
	NaOH	18,64Bc	59,67Ab	2,00Bc	21,67Aa	78,32Ab	35,17Bd
	CaO	20,38Ab	55,05Bc	2,23Ac	24,56Aa	75,43Ab	37,12Ad
	Milho	21,92Ab	53,96Ac	3,9Aa	24,11Ba	75,88Ab	45,55Ab
	L.b.	20,85Ab	55,94Ac	2,93Ab	23,21Ba	76,79Ab	41,11Ac
	Controle	10,51Ad	64,68Aa	2,6Ac	24,80Aa	71,69Ab	32,42Ae
RB 86-7515	Ureia	77,30Ba	12,80Af	3,5Aa	9,89Ae	90,10Aa	82,55Ba
	NaOH	36,69Ab	42,71Be	2,93Ab	20,58Ad	79,41Ab	52,41Ab
	CaO	16,50Bd	58,56Ab	2,36Ac	24,92Ac	75,07Ab	35,37Ad
	Milho	20,54Ac	45,33Bd	3,7Aa	34,12Aa	65,87Bc	39,73Bc
	L.b.	18,09Bd	52,95Bc	2,00Bc	28,95Ab	61,04Bc	32,95Bd
	Controle	10,92Ae	65,70Aa	2,9Ab	23,37Ac	76,62Ab	35,25Ad
CV (%)		3,37	3,10	15,26	7,26	5,55	3,92

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas) na coluna representam diferenças estatísticas entre variedades. Médias seguidas por letras diferentes (minúsculas) na coluna representam diferenças estatísticas entre tratamentos (aditivos) pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fração solúvel (A), fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (c), fração indegradável (FI), degradação potencial (DP) e degradação efetiva (DE), L. b. (*Lactobacillus buchneri*).

Na variedade IAC 86-2480, o maior valor de A da PB foi encontrado na silagem com ureia (83,09%), com a silagem-controle apresentando o menor valor de A (10,51%). Na variedade RB 86-7515 a silagem com ureia também apresentou maior teor de A (77,30%), seguida pela silagem com NaOH

(36,69%), com a silagem-controle apresentando o menor valor (10,92%). A diferença entre variedades foi constatada nas silagens com ureia, NaOH, CaO e *L. buchneri*. A variedade IAC 86-2480 demonstrou maior teor de A nas silagens com ureia, CaO e *L. buchneri* em relação a RB 86-7515, enquanto a RB 86-7515 teve maior valor de A na silagem com NaOH (36,69%), em relação ao valor apresentado pela IAC 86-2480 (18,64%).

As silagens com ureia revelaram maiores valores de A da PB, pelo fato dessa ser uma fonte de nitrogênio não proteico (NNP) 100% solúvel. Segundo Lucci (1997), a ureia é uma fonte de nitrogênio (N) disponibilizada logo após a ingestão. Na variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH apresentou valor intermediário de A da PB (36,69%), possivelmente pelo fato desse álcali ter solubilizado parte da PB da silagem.

Franzolin e Franzolin (2000), avaliando a degradabilidade ruminal de dietas à base de cana, em búfalos e bovinos Zebuínos, citaram valores da fração solúvel (A) da PB de 18,07% em búfalos e 16,20% em bovinos, valores inferiores aos valores médios apresentados pelas duas variedades deste ensaio. Cabral *et al.* (2005), estudando a degradabilidade *in situ* da MS, da PB e da fibra de alguns alimentos, encontraram valores de 46,74% para a fração solúvel da PB da silagem de milho, sendo esta considerada a de melhor qualidade entre todas as silagens.

A fração insolúvel potencialmente degradável (B) da PB das silagens apresentou diferenças ($P < 0,05$), em função das variedades e aditivos utilizados. Na variedade IAC 86-2480 a silagem com ureia exibiu menor valor de B da PB (10,77%), com a silagem-controle apresentando o maior teor (64,68%). Também na RB 86-7515 a silagem com ureia demonstrou menor teor de B (12,80%), e a silagem-controle evidenciou o maior valor (65,70%). A diferença entre variedades foi detectada nas silagens com NaOH, CaO, milho grão moído e *L. buchneri*, em que a RB 86-7515 apresentou valores inferiores nas silagens

com NaOH, milho grão moído e *L. buchneri* em relação à IAC 86-2480. Nas silagens com CaO, a variedade IAC 86-2480 revelou teor menor de B (55,05%) em relação a RB 86-7515 (58,56%). Os menores teores de B da PB nas silagens com ureia podem ser explicados, em razão de essas silagens terem apresentado maiores valores da fração A, pois a ureia é 100% solúvel. E os maiores valores de B nas silagens-controle podem ser justificados pelo fato dessas silagens terem apresentado os menores teores de A.

As médias de B da PB apresentadas pelas variedades IAC 86-2480 (50,01%) e RB 86-7515 (46,34%) são superiores às médias relatadas por Cabral *et al.* (2005), 42,65% para a fração B da PB da silagem de milho. No entanto, o valor de 14,0% evidenciado pela silagem de capim-elefante é muito inferior aos valores obtidos neste ensaio.

A taxa de degradação (c) da PB das silagens apresentou diferenças ($P < 0,05$), em função das variedades e aditivos utilizados. Na variedade IAC 86-2480, as silagens com ureia e milho grão moído apresentaram maior valor de c (3,63 e 3,9%, respectivamente), com as silagens com NaOH, CaO e a silagem-controle apresentando os menores valores. Na RB 86-7515, as silagens com ureia e milho grão moído apresentaram os maiores valores de c (3,5 e 3,7%, respectivamente), com as silagens com CaO e *L. buchneri* exibindo os menores valores (2,36 e 2,00%, respectivamente). A diferença entre variedades foi detectada nas silagens com NaOH e *L. buchneri*, em que a IAC 86-2480 apresentou valores superiores de c (2,93%), nas silagens com *L. buchneri* em relação à RB 86-7515 (2,00%). Por outro lado, nas silagens com NaOH a variedade RB 86-7515 apresentou maior valor de c (2,93%) em relação a IAC 86-2480 (2,00%).

As médias de c da PB na variedade IAC 86-2480 (2,88%), e na RB 86-7515 (2,9%), não deferiram, e são inferiores ao valor encontrado por Lucci

et al. (1998) de 7,8% em vacas em lactação e Franzolin e Franzolin (2000), que registraram 6,7% em bovinos.

Os valores da fração indegradável (FI) da PB diferiram ($P < 0,05$) em função das variedades e aditivos utilizados. Na variedade IAC 86-2480, o menor valor de FI foi encontrado na silagem com ureia (6,12%), com os outros aditivos não diferindo entre si. Na variedade RB 86-7515, a silagem com ureia também apresentou menor valor de FI (9,89%), seguida pela silagem com NaOH (20,58%), e o maior valor de FI foi verificado na silagem com milho grão moído (34,12%). A diferença entre variedades foi constatada nas silagens com ureia, milho grão moído e *L. buchneri*. Em todos os tratamentos a variedade IAC 86-2480 revelou os menores valores de FI. Os menores valores da FI da PB, nas silagens com ureia, podem ser explicados porque estas silagens apresentaram maior valor de A. Na variedade RB 86-7515, a silagem com NaOH também apresentou baixo valor de FI (20,58%), por ter apresentado valor de A alto (36,69%), provavelmente por ter solubilizado parte da PB desta silagem.

As médias de FI da PB nas variedades IAC 86-2480 (20,74%) e RB 86-7515 (23,64%) são inferiores aos valores encontrados por Franzolin e Franzolin (2000), em bovinos e búfalos, 44,0 e 50,0%, respectivamente; porém, são superiores ao valor obtido por Lucci *et al.* (1998), de 4,45% de FI da PB.

Os valores da degradabilidade potencial (DP) da PB diferiram ($P < 0,05$) em função das variedades e aditivos utilizados. Na variedade IAC 86-2480, a maior DP foi encontrada na silagem com ureia (93,87%), com os outros tratamentos não diferindo entre si. Essa maior DP da PB na silagem com ureia, possivelmente, é devido a menor FI, com os outros aditivos não diferindo entre si, pelo fato de não terem apresentado diferença na FI. Na RB 86-7515, a silagem com ureia exibiu maior DP (90,10%), com os menores valores sendo verificados nas silagens com milho grão moído e *L. buchneri*. As silagens com milho grão moído e *L. buchneri* apresentaram menores valores de DP,

provavelmente por terem apresentado os maiores valores da fração indegradável. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens com milho grão moído e *L. buchneri*. As silagens da variedade IAC 86-2480 com esses aditivos revelaram maiores valores de DP, uma vez que apresentaram menores valores de FI em relação à RB 86-7515.

Os valores da degradabilidade efetiva (DE) da PB diferiram ($P < 0,05$) em função dos aditivos e variedades utilizados. Na variedade IAC 86-2480, o maior valor de DE foi observado na silagem com ureia (87,39%), seguida pela silagem com milho (45,55%), enquanto a silagem-controle exibiu o menor valor (32,42%). Na variedade RB 86-7515, a silagem com ureia apresentou maior valor de DE (82,55%) seguida pela silagem com NaOH (52,41%), e os menores valores foram verificados nas silagens com CaO, *L. buchneri* e a silagem-controle. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens com ureia, NaOH, milho grão moído e *L. buchneri*. A variedade IAC 86-2480 apresentou os maiores valores nas silagens com uréia, milho grão moído e *L. buchneri*, enquanto a RB 86-7515 evidenciou maior DE da PB na silagem com NaOH. As silagens com ureia apresentaram maior DE, provavelmente por possuírem maior fração A, e as silagens-controle revelaram menor DE, por apresentarem menores valores da fração solúvel (A).

O valor médio de DE da PB apresentado pela silagem aditivada com NaOH desta pesquisa (43,8%) é inferior ao valor de 68,0% encontrado por Queiroz (2001) na degradabilidade ruminal da proteína da cana-de-açúcar *in natura* e submetida a tratamento químico com 1,5% de NaOH.

Na avaliação da porcentagem de desaparecimento da PB das silagens de variedades de Cana-de-açúcar com diferentes aditivos, em função dos períodos de incubação, houve superioridade do desaparecimento da PB nas silagens com ureia, em todos os tempos (TABELA 4).

TABELA 4 - Porcentagem de Desaparecimento da Proteína Bruta (%PB), das Silagens de Duas Variedades de Cana-de-Açúcar com Diferentes Aditivos

IAC 86-2480								
Tempos de incubação (horas)								
Aditivos	0	6	12	24	48	72	96	R ²
Ureia ¹	83,09	85,04	86,64	89,02	91,68	92,88	93,43	0,97
NaOH ²	18,64	26,52	33,51	45,21	61,64	71,81	77,11	0,96
CaO ³	20,37	27,32	33,38	43,31	56,69	64,49	69,05	0,97
Milho ⁴	21,92	33,17	42,09	54,72	67,58	72,63	74,61	0,99
L. buchneri ⁵	20,85	29,80	37,32	48,94	62,93	69,89	73,36	0,98
Controle ⁶	11,31	19,52	26,76	38,78	55,36	65,37	71,41	0,95

RB 86-7515								
Tempos de incubação (horas)								
Aditivos	0	6	12	24	48	72	96	R ²
Ureia ⁷	82,09	85,99	87,66	90,08	92,65	93,88	95,27	0,95
NaOH ⁸	36,69	46,65	54,29	64,64	74,31	77,65	78,80	0,96
CaO ⁹	11,38	28,34	40,19	54,25	64,45	66,88	67,46	0,95
Milho ¹⁰	20,54	31,72	40,14	51,27	61,17	64,35	65,38	0,97
L. buchneri ¹¹	11,94	16,84	21,31	28,88	40,27	48,04	52,90	0,94
Controle ¹²	9,91	19,05	26,85	39,19	54,71	62,94	67,30	0,98

R² = coeficiente de determinação

$$\begin{aligned}
 {}^1Y &= 83,09 + 10,77 (1 - e^{-0,033*t}) & {}^2Y &= 18,65 + 59,67 (1 - e^{-0,02*t}) \\
 {}^3Y &= 20,38 + 55,05 (1 - e^{-0,023*t}) & {}^4Y &= 21,92 + 53,96 (1 - e^{-0,039*t}) \\
 {}^5Y &= 20,85 + 55,94 (1 - e^{-0,029*t}) & {}^6Y &= 11,31 + 69,31 (1 - e^{-0,021*t}) \\
 {}^7Y &= 77,31 + 12,80 (1 - e^{-0,039*t}) & {}^8Y &= 36,69 + 42,72 (1 - e^{-0,045*t}) \\
 {}^9Y &= 11,38 + 56,27 (1 - e^{-0,059*t}) & {}^{10}Y &= 20,54 + 45,33 (1 - e^{-0,047*t}) \\
 {}^{11}Y &= 8,09 + 52,95 (1 - e^{-0,02*t}) & {}^{12}Y &= 10,92 + 69,7 (1 - e^{-0,029*t})
 \end{aligned}$$

No tempo zero, as silagens com ureia, das duas variedades apresentaram os maiores valores de desaparecimento da PB, devido ao elevado teor da fração solúvel, visto que a ureia é uma fonte de nitrogênio não proteico, 100% solúvel. Por outro lado, as silagens-controle, apresentaram os menores valores.

As silagens com ureia nas variedades IAC 86-2480 e RB 86-7515 apresentaram no último tempo de incubação desaparecimento ruminal de 93,43 e

95,28%, respectivamente. As silagens com NaOH também demonstraram valores altos, pelo fato deste álcali ter solubilizado parte da proteína dessas silagens. No último tempo de incubação, a silagem da variedade RB 86-7515 com *L. Buchneri* apresentou o menor desaparecimento ruminal (52,90%).

Os teores das frações B, FI e DP da FDN (TABELA 5) não diferiram, em função das variedades nem dos aditivos utilizados ($P>0,05$).

TABELA 5 - Parâmetros da degradação ruminal da fibra em detergente neutro (FDN) e coeficiente de variação (CV) das silagens de duas variedades de cana-de-açúcar com diferentes aditivos

Variedades	Aditivos	B	C	FI	DP	DE
IAC 86-2480	Ureia	55,56Aa	1,50Bc	44,44Aa	55,56Aa	12,59Bb
	NaOH	52,63Aa	2,96Ab	47,37Aa	52,63Aa	19,50Aa
	CaO	49,25Aa	3,4Bb	50,75Aa	49,25Aa	18,98Aa
	Milho	46,35Aa	4,66Aa	53,65Aa	46,35Aa	22,41Aa
	L.B.	46,88Aa	1,80Ac	53,11Aa	46,88Aa	12,38Bb
	Controle	49,32Aa	1,95Ac	50,68Aa	49,32Aa	13,86Ab
RB 86-7515	Ureia	52,63Aa	3,00Ab	47,37Aa	52,63Aa	19,29Aa
	NaOH	45,93Aa	2,70Ab	54,07Aa	45,93Aa	16,05Aa
	CaO	40,89Aa	5,27Aa	59,10Aa	40,89Aa	20,78Aa
	Milho	65,47Aa	1,40Bb	34,53Aa	65,47Aa	11,91Bb
	L.B.	67,64Aa	1,70Ab	32,36Aa	67,64Aa	17,32Aa
	Controle	49,39Aa	2,17Ab	50,61Aa	49,39Aa	12,33Ab
CV (%)		23,33	26,72	24,92	23,33	13,00

Médias seguidas por letras diferentes (maiúsculas) na coluna representam diferenças estatísticas entre variedades. Médias seguidas por letras diferentes (minúsculas) na coluna representam diferenças estatísticas entre tratamentos (aditivos) pelo teste Scott – Knott ao nível de 5% de probabilidade. Fração insolúvel potencialmente degradável (B), taxa de degradação (c), fração indegradável (FI), degradação potencial (DP) e degradação efetiva (DE), L. b. (*Lactobacillus buchneri*).

As médias da fração B da FDN reveladas pelas variedades IAC 86-2480 e RB 86-7515 de 50,30 e 52,84%, respectivamente, são superiores aos 38,17% encontrados por Pinto *et al.* (2007), quando avaliaram a degradabilidade

ruminal da cana integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio, e Fernandes *et al.* (2003), que registraram 41,11 e 41,29% para cana de ciclo precoce e intermediário, respectivamente. Na literatura há também valores superiores aos encontrados neste ensaio, como o valor de 70,86% relatado por Silveira *et al.* (2002) em estudo com fermentação e degradabilidade ruminal em bovinos recebendo cana-de-açúcar ensilada com polpa cítrica peletizada.

As médias de FI da FDN apresentadas pelas variedades IAC 86-2480 e RB 86-7515 de 49,69 e 47,16%, respectivamente, são inferiores aos valores de 58,89 e 58,71% relatados por Fernandes *et al.* (2003) em cana-de-açúcar de ciclo precoce e intermediário, respectivamente. Entretanto, esses valores são superiores àquele de 40,67% constatado por Pereira *et al.* (2002) ao estudarem a dinâmica da degradabilidade ruminal por novilhos mantidos em pastagem natural, nos meses de agosto, setembro e outubro, e os valores de 28,54 e 36,18% encontrados por Cabral *et al.* (2005), em silagens de milho e de capim-elefante, respectivamente, ao avaliarem a degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos.

A DP da FDN apresentada pelas variedades IAC 86-2480 e RB 86-7515 de 50,30% e 52,84%, respectivamente, são próximas ao valor médio de 53,53% de DP da cana relatado por Lucci *et al.* (1998), ao avaliarem a degradabilidade ruminal em vacas secas e lactantes, recebendo 70 ou 50% da MS das rações como volumosos constituídos por cana-de-açúcar e feno de *coast-cross*.

As médias da DP da FDN das silagens-controle, com ureia e *L. buchneri* de 49,36, 54,09 e 57,26%, respectivamente, são superiores aos valores de 44,70, 42,20 e 42,70% das silagens com os mesmos tratamentos encontrados por Schmidt *et al.* (2007b) ao estudar parâmetros ruminais e degradabilidade da MS e das frações fibrosas de silagens de cana com aditivos químicos ou biológicos.

Os valores da taxa de degradação (c) da FDN das silagens apresentaram diferenças ($P < 0,05$) em função das variedades e dos aditivos utilizados. Na

variedade IAC 86-2480, o maior valor foi encontrado na silagem com milho, seguida pelas silagens com NaOH e CaO que apresentaram taxas intermediárias, com os outros tratamentos, apresentando menores valores, não diferindo estatisticamente. Já na variedade RB 86-7515, a silagem com CaO (5,27%) apresentou maior valor e os outros tratamentos apresentaram menores taxas, não diferindo entre si. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens acrescidas com ureia, CaO e milho grão moído. A variedade IAC 86-2480 apresentou maior valor de c na silagem com milho grão moído, enquanto a RB 86-7515 revelou maiores taxas nas silagens com ureia e CaO.

A média de c de 2,83%/h na FDN das silagens com NaOH desta pesquisa é inferior ao valor de 3,16%/h relatado por Pinto *et al.* (2007) em cana-de-açúcar com 2% de NaOH. Isso ocorreu, possivelmente, por ter usado um nível menor de NaOH (1,5%) nessa pesquisa.

As médias de c da FDN encontradas nas variedades IAC 86-2480 (2,78%/h) e RB 86-7515 (2,76%/h) desta pesquisa são superiores aos valores de 1,4 e 1,8%/h apresentados por Franzolin e Franzolin (2000), em búfalos e bovinos Zebuínos, respectivamente, sob dietas à base de cana-de-açúcar.

Verificou-se efeito de interação ($P < 0,05$) de variedade de cana-de-açúcar com os aditivos, para a DE da FDN das silagens. Na variedade IAC 86-2480, os menores valores foram encontrados nas silagens com ureia, *L. buchneri* e a controle, os outros aditivos apresentaram maiores valores sendo semelhantes entre si. Na variedade RB 86-7515 a silagem com milho grão moído e a silagem sem aditivo evidenciaram valores de DE inferiores aos outros tratamentos, sendo estes semelhantes entre si. A diferença entre variedades foi constatada nas silagens aditivadas com ureia, milho grão moído e *L. buchneri*. A IAC 86-2480 apresentou maior valor na silagem com milho, enquanto a RB 86-7515 exibiu maiores valores nas silagens com ureia e *L. buchneri*.

Os maiores valores da degradabilidade efetiva da FDN, nas silagens das duas variedades com NaOH e CaO, podem ser justificados pelo fato dos álcalis (NaOH e CaO) serem capazes de solubilizar parte da parede celular. Tal fato é ratificado pelos menores teores de FDN nas silagens que receberam essas substâncias como aditivos (Capítulo 1). Assim, há a expansão da celulose, devido ao rompimento das ligações intermoleculares e solubilização de parte da hemicelulose, facilitando a degradabilidade da fibra pelos microrganismos ruminais. Pedroso *et al.* (2007) relataram que as silagens tratadas com NaOH apresentam em média 46% a mais de digestibilidade que silagens sem aditivos, e que em relação a cana-de-açúcar fresca a superioridade varia de 2,2 a 25,6%. Esses autores citaram ainda que a adição de NaOH-2% e NaOH-3% resulta em silagens com menores concentrações de FDN, FDA e lignina. Balieiro Neto *et al.* (2007), ao avaliarem o CaO como aditivo na ensilagem de cana, afirmaram que o CaO pode reduzir os constituintes da parede celular por hidrólise alcalina, sendo a utilização de CaO efetiva em reduzir a concentração de componentes da parede celular nas silagens aditivadas (SANTOS *et al.*, 2008).

As silagens tratadas com NaOH, CaO e milho apresentaram DE da FDN superior às outras silagens, não revelando diferenças entre si. As duas variedades evidenciaram valores de DE da FDN semelhantes ($P>0,05$).

Schmidt *et al.* (2007b) encontraram valores de 24,30; 22,00 e 26,10% para silagens de cana controle, com ureia e com *L. buchneri*, respectivamente. Esses valores são superiores aos obtidos neste ensaio, nas silagens com os mesmos tratamentos, que apresentaram 12,94; 15,94 e 14,85%, de degradabilidade efetiva da FDN, respectivamente. As silagens que foram tratadas com NaOH apresentaram média geral de 17,77% de DE, valor também menor do que o de 26,31% apresentado por Pinto *et al.* (2007).

Na avaliação do desaparecimento ruminal da FDN (TABELA 6), a silagem com NaOH na variedade IAC 86-2480 se destacou com maior

degradabilidade (49,61%). Na RB 86-7515, as silagens que se destacaram foram aquelas com ureia e *L. Buchneri* (49,67 e 51,29%, respectivamente). Todavia, a silagem com *L. buchneri*, na variedade IAC 86-2480 apresentou os menores valores, no último tempo de incubação (38,59%).

TABELA 6 - Porcentagem de Desaparecimento da Fibra em Detergente Neutro (%FDN), das Silagens de Duas Variedades de Cana-de-Açúcar com Diferentes Aditivos

IAC 86-2480								
Tempos de incubação (horas)								
Aditivos	0	6	12	24	48	72	96	R ²
Ureia ¹	0	4,80	9,18	16,85	28,60	36,78	42,47	0,97
NaOH ²	0	8,66	15,89	26,99	40,02	46,45	49,61	0,96
CaO ³	0	9,05	16,44	27,39	39,55	44,94	47,34	0,97
Milho ⁴	0	11,34	19,91	31,26	41,44	44,75	45,83	0,99
<i>L. buchneri</i> ⁵	0	4,81	9,13	16,48	27,17	34,1	38,59	0,98
Controle ⁶	0	5,51	10,41	18,62	30,21	37,42	41,91	0,95

RB 86-7515								
Tempos de incubação (horas)								
Aditivos	0	6	12	24	48	72	96	R ²
Ureia ⁷	0	8,66	15,89	26,99	40,14	46,55	49,67	0,95
NaOH ⁸	0	6,83	12,65	21,82	33,27	39,28	42,44	0,96
CaO ⁹	0	11,09	19,17	29,36	37,64	39,97	40,63	0,95
Milho ¹⁰	0	5,41	10,37	19,09	32,62	42,21	46,99	0,97
<i>L. buchneri</i> ¹¹	0	6,52	12,42	22,55	37,58	47,61	51,28	0,94
Controle ¹²	0	6,00	11,27	19,98	31,87	38,96	43,18	0,98

R² = coeficiente de determinação

$$\begin{aligned}
 {}^1Y &= 0 + 55,56 (1 - e^{-0,015^*t}) & {}^2Y &= 0 + 52,63 (1 - e^{-0,0296^*t}) \\
 {}^3Y &= 0 + 49,25 (1 - e^{-0,034^*t}) & {}^4Y &= 0 + 46,35 (1 - e^{-0,0466^*t}) \\
 {}^5Y &= 0 + 46,88 (1 - e^{-0,018^*t}) & {}^6Y &= 0 + 49,32 (1 - e^{-0,0195^*t}) \\
 {}^7Y &= 0 + 52,63 (1 - e^{-0,03^*t}) & {}^8Y &= 0 + 45,93 (1 - e^{-0,027^*t}) \\
 {}^9Y &= 0 + 40,89 (1 - e^{-0,0527^*t}) & {}^{10}Y &= 0 + 65,47 (1 - e^{-0,014^*t}) \\
 {}^{11}Y &= 0 + 67,64 (1 - e^{-0,017^*t}) & {}^{12}Y &= 0 + 49,39 (1 - e^{-0,0217^*t})
 \end{aligned}$$

Ítavo *et al.* (2002) afirmaram que a digestibilidade e o consumo são dois componentes importantíssimos na determinação do valor nutricional de um

alimento. Dos nutrientes que são necessários às exigências nutricionais para manutenção, crescimento e produção dos bovinos, a energia oriunda da degradabilidade ruminal de celulose e hemicelulose constitui a principal contribuição dos volumosos.

Assim, conhecer as frações degradável e não degradável que compõem a FDN é fundamental, pois pode-se presumir que a fração não degradável tenha considerável efeito sobre a indigestibilidade dos alimentos, já que a FDN representa a maior proporção da MS dos alimentos, exercendo, provavelmente, elevado efeito sobre a digestão ruminal (CABRAL *et al.*, 2005).

4.0 - CONCLUSÕES

O NaOH e o CaO proporcionam maior degradabilidade efetiva da MS e da FDN das silagens nas duas variedades. A degradabilidade efetiva da PB é maior nas silagens com ureia, nas duas variedades. A variedade IAC 86-2480 apresenta melhor valor nutricional em relação à RB 86-7515, devido à maior degradabilidade efetiva da matéria seca.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R. C. *et al.* Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 38, n. 8, p. 1413-1421, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Arlington, Virginia, 1990. 1117 p.

BALIEIRO NETO, G. *et al.* Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p. 1231-1239, 2007.

CABRAL, L. S. **Avaliação de alimentos para ruminantes por intermédio de métodos *in vivo* e *in vitro***. 2002. 137 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

CABRAL, L. S. *et al.* Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fibra de alguns alimentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 777-781, ago. 2005.

CARMO, C. A. *et al.* Degradabilidade da Matéria Seca e Fibra em Detergente Neutro da Cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) com Diferentes Fontes de Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, p. 2126-2133, 2001.

CAVALI, J. *et al.* Silagem de cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43.; 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.

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

FERNANDES, A. M. *et al.* 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-MG, v. 32, n. 4, p. 977-985, 2003.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In... REUNIÃO ANUAL DA REGIAO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. **Anais...**, São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T. População Protozoários Ciliados e Degradabilidade Ruminal em Búfalos e Bovinos Zebuínos sob Dieta à Base de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p.1853-1861, 2000.

FREITAS, A. W. P. *et al.* Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 229-236, 2006.

ÍTAVO, L. C. V. *et al.* Consumo, Degradabilidade Ruminal e Digestibilidade Aparente de Fenos de Gramíneas do Gênero *Cynodon* e Rações Concentradas Utilizando Indicadores Internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 1024-1032, 2002 (suplemento).

LUCCI, C. S. *et al.* Degradabilidade ruminal de alimentos em vacas secas e lactantes, recebendo 70% ou 50% de MS das rações como volumosos. **Brazilian Journal of Veterinay Research and Animal Science**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 127-133, 1998.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. São Paulo: Manole, 1997. 169 p.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs**. 2. ed. USA: Richard D. Irwin, 1985. 112 p.

OLIVEIRA, M. D. S *et al.* Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana-de-açúcar. **Veterinária Notícias.**, Uberlândia, v. 14, n. 1, p. 9-17, jan./jun. 2008.

ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, Toronto, v. 92, n. 1, p. 499-503, 1979.

PASSINI, R.; BORGATTI, L. M. O.; FERREIRA, F. A. Degradabilidade no rúmen bovino de grãos de milho processados de diferentes formas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 3, p. 271-276, 2004.

PEDROSO A. F. *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-MG, v. 36, n. 3, p. 558-564, 2007.

PEREIRA, J. C. *et al.* Dinâmica da Degradação Ruminal por Novilhos Mantidos em Pastagem Natural, em Diferentes Épocas do Ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 740-748, 2002.

PEREIRA, O. G. *et al.* Degradabilidade *in vivo* e *in situ* de nutrientes e eficiência de síntese de proteína microbiana, em bovinos, alimentados com cana-de-açúcar sob diferentes formas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 25, n. 4, p. 763-777, 1996.

PINTO, A. P. *et al.* Degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar integral tratada com diferentes níveis de hidróxido de sódio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 503-512, jul./set. 2007.

QUEIROZ, M. A. A. **Digestibilidade total e degradabilidade ruminal da cana-de-açúcar *in natura*, hidrolisada com hidróxido de sódio e hidrolisada fenada.** 2001. 58 p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

REIS, R. A.; GARCIA, R.; SILVA, D. J. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade *in vitro* de fenos de três gramíneas tropicais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 19, n. 3, p. 219-224, 1990.

RIBEIRO, L. S. O. *et al.* Composição química e perdas fermentativas de silagem de cana-de-açúcar tratada com ureia ou hidróxido de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 39, n. 9, p. 1911-1918, 2010.

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

SAMPAIO, I. B. M. **Experimental designs and modelling techniques in the study of roughage degradation in rumen and growth of ruminants**. Reading: University of Reading, 1988. 214 p.

SANTOS, M. C. *et al.* Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 37, n. 9, p. 1555-1563, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide**. Version 8. Cary, NC, 2000.

SCHMIDT, P. *et al.* Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 36, n. 5, p. 1666-1675, 2007a.

SCHMIDT, P. *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-MG, v. 36, n. 5, p. 1676-1684, 2007b. (suplemento)

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

SILVEIRA, M. F. **Comparação de métodos *in vivo* e laboratoriais para estimar o valor nutritivo de dietas para bovinos de corte.** 2006. 60 p. Dissertação (Mestrado em produção animal) – Universidade Federal de Santa Maria / UFSM, Santa Maria, 2006.

SILVEIRA, R. N. *et al.* Fermentação e Degradabilidade Ruminal em Bovinos Alimentados com Resíduos de Mandioca e Cana-de-Açúcar ensilados com Polpa Cítrica Peletizada . **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p.793-801, 2002.

TONANI, F. L. *et al.* Degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro em silagens de híbridos de sorgo colhidos em diferentes épocas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 23, n. 1, p. 100-104, 2001.

VALADARES FILHO, S. C. *et al.* Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta de vários alimentos em vacas em lactação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa-MG, v. 19, n. 6: p. 512-522, 1990.

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

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant.** Corvallis: O e B Books, 1982. 374 p.