

Mariana Magalhães Campos

**CANA DE AÇÚCAR TRATADA OU NÃO COM
ÓXIDO DE CÁLCIO NA ALIMENTAÇÃO DE
FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

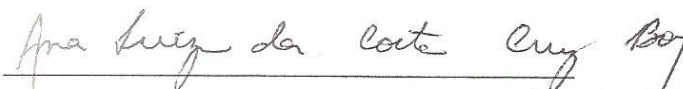
Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Co-orientador: Fernando César Ferraz Lopes

Belo Horizonte - MG
Escola de Veterinária - UFMG
2010

BANCA EXAMINADORA



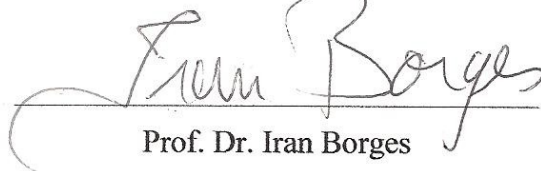
Prof^a Dra. Ana Luiza de Costa Cruz Borges

Orientadora

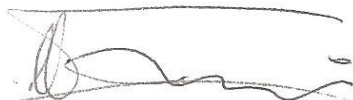


Dr. Fernando César Ferraz Lopes

Co-orientador



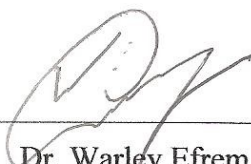
Prof. Dr. Iran Borges



Prof. Dr. Norberto Mário Rodriguez



Dr. Silas Primola Gomes



Dr. Warley Efrem Campos

Tese defendida e aprovada em:

Belo Horizonte, 16 de agosto de 2010.

DEDICATÓRIA

A minha família por acreditar no meu sonho e estar sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

À minha família por estar ao meu lado, fazer parte desse sonho e entender os momentos de ausência para que este sonho tornar-se realidade.

À Prof.^a Ana Luiza por ser minha orientadora, amiga e conselheira. Tenho muito prazer de trabalhar com uma pessoa que admiro tanto.

Ao Fernando César, exemplo único de ser humano e profissional, que tornou possível a execução desse experimento, por estar presente em todos os momentos em que eu tanto precisei de ajuda.

Aos meus amados mestres, Sandra, Elias, Último, Iran, Lúcio, Norberto, que participaram da minha formação como pessoa e como profissional.

Aos meus grandes amigos pra vida toda: Ricardo e Carlos pelas muitas experiências vividas juntas e este trabalho é nosso....

Aos amigos do Campo Experimental - Santa Mônica da Embrapa Gado de Leite pela imensa ajuda para realização deste experimento: Tainá, Raquel, Ricardo, Anderson, “Fusquinha”, Leandro, Lisia, Marcos, João, Paulo, Assis.

Aos meus amigos da nutrição: Silas, Helena, Ju Lamim, Carol.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Gado de Leite.

As minhas eternas amigas Lê, Bel, Buia, Ciça, Dri e Mari.

Ao Denis pelo incentivo diário para finalização deste trabalho.

À Embrapa Gado de Leite por ter possibilitado a execução do experimento.

SUMÁRIO

RESUMO	20
ABSTRACT	21
Capítulo 1 - Revisão de Literatura: Cana de açúcar e cana de açúcar tratada com óxido de cálcio na alimentação de ruminantes	22
1. INTRODUÇÃO	22
2. REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1. Composição bromatológica	23
2.2. Escolha da variedade	26
2.3. Consumo voluntário	27
2.4. Digestibilidade	28
2.5. Utilização da cana de açúcar tratada com óxido ou hidróxido de cálcio na alimentação de ruminantes	31
2.5.1. Mecanismo de ação	32
2.5.2. Caracterização do óxido de cálcio (CaO)	33
2.5.3. Composição bromatológica	33
2.5.4. Consumo e Digestibilidade	35
2.5.5. Desempenho Animal	37
2.6. Níveis de cálcio em dietas à base de cana de açúcar tratada com CaO	38
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
Capítulo 2 - Composição químico-bromatológica, consumo e digestibilidade aparente de dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio em vacas em lactação Holandês x Gir	46

	RESUMO	46
	ABSTRACT	46
1.	INTRODUÇÃO	47
2.	MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1.	Local	48
2.2.	Período experimental	48
2.3.	Animais utilizados e instalações experimentais	49
2.4.	Cana de açúcar, tratamentos e arraçamento	49
2.5.	Procedimentos amostrais e análises laboratoriais	51
2.6.	Procedimentos estatísticos	52
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4.	CONCLUSÕES	61
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
	Capítulo 3 - Parâmetros ruminais e dinâmica da fermentação ruminal de dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em fêmeas bovinas leiteiras Holandês x Gir	65
	RESUMO	65
	ABSTRACT	66
1.	INTRODUÇÃO	66
2.	MATERIAL E MÉTODOS	67
2.1.	Local	67
2.2.	Período experimental	67
2.3.	Animais utilizados e instalações experimentais	68
2.4.	Cana de açúcar, tratamentos e arraçamento	68

2.5.	Procedimentos amostrais e análises laboratoriais	70
2.6.	Procedimentos estatísticos	71
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.	CONCLUSÕES	88
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
Capítulo 4 - Degradabilidade <i>in situ</i> da cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em novilhas leiteiras Holandês x Gir		92
	RESUMO	92
	ABSTRACT	92
1.	INTRODUÇÃO	92
2.	MATERIAL E MÉTODOS	93
2.1.	Local	93
2.2.	Período experimental	94
2.3.	Animais utilizados e instalações experimentais	94
2.4.	Cana de açúcar, tratamentos e arraçamento	94
2.5.	Procedimentos amostrais e análises laboratoriais	97
2.6.	Procedimentos estatísticos	97
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
4.	CONCLUSÕES	102
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
Capítulo 5 - Desempenho produtivo de vacas leiteiras em lactação Holandês x Gir alimentadas com dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio		104
	RESUMO	104
	ABSTRACT	104

1.	INTRODUÇÃO	105
2.	MATERIAL E MÉTODOS	106
2.1.	Local	106
2.2.	Período experimental	106
2.3.	Animais utilizados e instalações experimentais	106
2.4.	Cana de açúcar, tratamentos e arraçamento	107
2.5.	Procedimentos amostrais e análises laboratoriais	109
2.6.	Procedimentos estatísticos	110
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	110
4.	CONCLUSÕES	114
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115
	Capítulo 6 - Comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir recebendo dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio	117
	RESUMO	117
	ABSTRACT	117
1.	INTRODUÇÃO	118
2.	MATERIAL E MÉTODOS	119
2.1.	Local	119
2.2.	Período experimental	119
2.3.	Animais utilizados e instalações experimentais	119
2.4.	Cana de açúcar, tratamentos e arraçamento	120
2.5.	Procedimentos amostrais e análises laboratoriais	122
2.6.	Procedimentos estatísticos	123

3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	123
4.	CONCLUSÕES	128
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1.	Composição bromatológica da cana de açúcar (<i>Saccharum officinarum</i>), em porcentagem da matéria seca	24
Tabela 1.2.	Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com cana de açúcar como volumoso único e diferentes suplementos	30
Tabela 2.1.	Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado	50
Tabela 2.2.	Composição mineral do óxido de cálcio e do sal mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais	50
Tabela 2.3.	Composição química das dietas experimentais, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)	53
Tabela 2.4.	Consumo de nutrientes de dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio, em kg por vaca por dia ou por % do peso vivo, de vacas em lactação Holandês x Gir	57
Tabela 2.5.	Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (DFDNcp), da fibra em detergente ácido (DFDA), da celulose (DCel) e os nutrientes digestíveis totais (NDT), expressos em porcentagem, de dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em vacas em lactação Holandês x Gir	59
Tabela 3.1.	Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado	69
Tabela 3.2.	Composição mineral do óxido de cálcio e do sal mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais	69
Tabela 3.3.	Composição química das dietas experimentais, expresso	70

em porcentagem da matéria seca (%MS)

Tabela 3.4.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre o pH ruminal de fêmeas bovinas Holandês x Gir	73
Tabela 3.5.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração de nitrogênio amoniacal (mg/dL) no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir	75
Tabela 3.6.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar de acetato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir	77
Tabela 3.7.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar de propionato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir	79
Tabela 3.8.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar de butirato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir	80
Tabela 3.9.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) de ácidos graxos voláteis no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir	81
Tabela 3.10.	Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a relação acetato:propionato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir	82
Tabela 3.11.	Parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir	86
Tabela 3.12.	Regressão linear obtida dos valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês	86

	x Gir	
Tabela 3.13.	Parâmetros da dinâmica de fluxo da fase líquida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir	87
Tabela 3.14.	Regressões lineares obtidas dos valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase líquida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir	88
Tabela 4.1.	Composição química da dieta, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)	95
Tabela 4.2.	Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado	96
Tabela 4.3.	Composição mineral do óxido de cálcio e do sal mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais	96
Tabela 4.4.	Degradabilidades potencial (A) e efetiva (DE) e taxas de degradação (c) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da cana de açúcar e da cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em novilhas Holandês x Gir	98
Tabela 4.5.	Regressões lineares obtidas dos valores das degradabilidades potencial (A) e efetiva (DE) e taxas de degradação (c) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) da cana de açúcar e da cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em novilhas Holandês x Gir	100
Tabela 5.1.	Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado	108
Tabela 5.2.	Composição mineral do óxido de cálcio e do sal mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais	108
Tabela 5.3.	Composição química das dietas experimentais, expresso	109

	em porcentagem da matéria seca (%MS)	
Tabela 5.4.	Produção de leite, produção de leite corrigida para 4,0% de gordura, expressos em quilogramas por dia; eficiência alimentar, eficiência alimentar corrigida para 4,0% de gordura, expressos em quilogramas de leite por quilogramas de matéria seca, de vacas em lactação Holandês x Gir recebendo dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio	111
Tabela 5.5.	Gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado, expresso em porcentagem e em gramas por dia, e nitrogênio uréico do leite, expresso em mg/dL, de vacas em lactação Holandês x Gir recebendo dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio	113
Tabela 6.1.	Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado	120
Tabela 6.2.	Composição mineral do óxido de cálcio e do sal mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais	121
Tabela 6.3.	Composição química das dietas experimentais, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)	122
Tabela 6.4.	Avaliação do comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir, expresso em minutos por dia (min/dia) gastos com alimentação, ruminação e ócio, minutos por quilo de matéria seca (min/kg MS) e quilos de fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (min/kg FDNcp) gastos na alimentação e ruminação nos diferentes tratamentos	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1.	Composição e digestibilidade da cana de açúcar segundo a idade da planta	25
Figura 1.2.	Reação química da formação do óxido de cálcio	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1.	Variação do pH, do nitrogênio amoniacal e da concentração de ácidos graxos voláteis no rúmen de fêmeas bovinas Holndês x Gir em função do tempo de amostragem (h) e de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crecentes de óxido de cálcio	84
Gráfico 6.1.	Distribuição do tempo despendido em alimentação (%), em oito períodos de três horas nas 24 horas diárias, em função das dietas experimentais	126
Gráfico 6.2.	Distribuição do tempo despendido em ruminanção (%), em oito períodos de três horas nas 24 horas diárias, em função das dietas experimentais	127
Gráfico 6.3.	Distribuição do tempo despendido em ócio (%), em oito períodos de três horas nas 24 horas diárias, em função das dietas experimentais	128

LISTA DE ABREVIATURAS

A	degradabilidades potencial
AGVs	ácidos graxos voláteis
Brix	teor de sólidos solúveis
Ca	Cálcio
CaO	óxido de cálcio
Ca(OH)₂	hidróxido de cálcio
Cel	Celulose
CHO	carboidratos totais
CMS	consumo de matéria seca
CNF	carboidratos não fibrosos
CSDN	carboidratos solúveis em detergente neutro
Cu	Cobre
DA	digestibilidade aparente
DAMO	digestibilidade aparente da matéria orgânica
DAMS	digestibilidade aparente da matéria seca
DAPB	digestibilidade aparente da proteína bruta
DE	degradabilidades efetivas
DegMS	degradabilidade da matéria seca
DIVMS	digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DMO	digestibilidade da matéria orgânica
DFDN	digestibilidade da fibra em detergente neutro
EAPL	eficiência alimentar para produção de leite
EE	extrato etéreo
EPM	erro-padrão da média
ESD	extrato seco desengordurado
EST	extrato seco total
FDA	fibra insolúvel em detergente ácido
FDN	fibra insolúvel em detergente neutro
FDNcp	fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
Fe	Ferro
GMD	ganho de peso diário
Há	Hectare
HEM	Hemiceluloses
K	Potássio
k₁	taxa de passagem no rúmen
k₂	taxa de passagem no ceco e cólon
Lig	Ligninas
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mg	Magnésio
MM	matéria mineral

MN	matéria natural
Mn	Manganês
MO	matéria orgânica
MS	matéria seca
MSF	matéria seca fecal
MV	matéria verde
NaOH	hidróxido de sódio
NDT	nutrientes digestíveis totais
N-NH₃	nitrogênio amoniacal
Ns	não-significativo
NUL	nitrogênio uréico no leite
P	Fósforo
PB	proteína bruta
PL	produção de leite
PLCG4%	produção de leite corrigida para 4 % de gordura
PPM	partes por milhão
Pol	teor de sacarose
PV	peso vivo
T	Toneladas
TGI	trato gastrointestinal
TMRT	tempo médio de retenção total da digesta
TPR	taxa de passagem ruminal
TT	tempo de trânsito
TR	tempo de reciclagem
Trec	taxa de reciclagem
TRR	tempo de retenção no rúmen
TRPOS	tempo de retenção no ceco e cólon proximal
V:C	relação volumoso concentrado
Zn	Zinco

CANA DE AÇÚCAR TRATADA OU NÃO COM ÓXIDO DE CÁLCIO NA ALIMENTAÇÃO DE FÊMEAS BOVINAS LEITEIRAS

RESUMO

Avaliaram-se a utilização de cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio (0%, 0,5%; 1,0% e 2,0% na MN de CaO) na alimentação de fêmeas bovinas leiteiras Holandês x Gir. A adição de CaO, em diferentes níveis de inclusão, não alterou os teores de EE, FDN, FDNcp, FDA, Lig, Cel, HCel, PB e P nas dietas. Contudo, à medida que os níveis de inclusão no CaO aumentaram, reduziu-se o consumo da maioria dos nutrientes (CMS, CMS%PV, CMO, CMO%PV, CFDN, CFDN%PV, CFDNcp, CFDNcp%PV, CFDA, CLig, CCel, CPB, CEE, CP). Ao contrário, observou-se aumento do consumo de cálcio com o aumento de proporção de CaO nas dietas. A adição de CaO causou redução da digestibilidade da MS, MO e da FDA mas não alterou a digestibilidade da FDN e da FDNcp. A adição do CaO aumentou os valores de pH ruminal. Não houve diferença na concentração de N-NH₃ do líquido ruminal. As concentrações médias de acetato no rúmen foram semelhantes entre as dietas, porém a proporção molar do acetato no rúmen foi maior nas dietas com adição de CaO. As concentrações médias e a proporção molar do propionato no rúmen foram menores nas dietas com adição de CaO. As concentrações médias dos ácidos graxos voláteis no rúmen foram semelhantes entre as dietas. A relação acetato:propionato no rúmen foi superior nas dietas com adição de CaO. Os valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida foram semelhantes entre as dietas, com exceção da taxa de passagem no ceco e cólon que sofreu aumento linear à medida que a porcentagem de CaO na dieta foi aumentada. A taxa de passagem da fase líquida e a taxa de reciclagem aumentaram linearmente com o aumento do nível de inclusão de CaO nas dietas experimentais. A degradabilidade potencial e efetiva, e as taxas de degradação da MS e da MO aumentaram linearmente com o aumento de inclusão de CaO. A comparação entre os tratamentos não apontou diferença entre as degradabilidades potencial e efetiva, e as taxas de degradação de FDN e FDA. A adição de óxido de cálcio em dietas à base de cana de açúcar oferecidas a vacas Holandês x Gir em lactação reduz o teor de proteína, ES e ESD no leite, e dependendo do nível de adição, reduz a produção de leite. Não houve variação do comportamento ingestivo entre os tratamentos. A distribuição das atividades consideradas para avaliação desse parâmetro também não variaram entre os tratamentos. Concluindo, a adição de CaO (0,5 a 2,0% da MN) a dietas à base de cana de açúcar oferecidas a fêmeas bovinas leiteiras Holandês x Gir não é recomendada.

Palavras-Chave: bovino, consumo, digestibilidade, hidrólise

SUGARCANE TRATED OR NOT WITH CALCIUM OXIDE FOR FEEDING OF DAIRY HEIFERS AND COWS

ABSTRACT

Sugarcane-based diets containing different levels (0%, 0.5%; 1.0% e 2.0% in as-fed diet) of calcium oxide (CaO) were offered to Holstein x Gyr lactating dairy heifers and cows. The addition of CaO, in different levels of inclusion, did not alterate EE, NDF, NDFap, ADF, Lig, Cel, HCel, CP and P content of the diet. However, as the levels of CaO were enhanced, the intake of the majority of nutrients (DMI, DMI%PV, OMI, OMI%PV, NDFI, NDFI%PV, NDFIap, NDFIap%PV, ADFI, LigI, Cell, CPI, EEI, PI) were reduced. Conversely, enhancement of calcium intake was observed as the proportion of CaO in the diet was enhanced. Adding CaO to the diet caused reduction of DM, OM and ADF digestibility, but did not alterate NDF and NDFap digestibility. . The addition of CaO on diets enhanced the ruminal pH values. No differences were observed in the ruminal fluid N-NH₃ concentration. The average ruminal acetate concentration were similar among diets, but the molar proportion of ruminal molar acetate were higher in animals treated with diets containing CaO. The average concentrations and the molar proportions of ruminal propionate were lower in animals fed with diets containing CaO. The average concentration of ruminal volatile fatty acids were similar among diets. The ruminal acetate:propionate ratio were higher for the treatments with CaO. The parameters of solid phase flux dynamics were similar among diets, except for the cecal and colon passage rate, which was linearly enhanced as the percentage of CaO in the diet was enhanced. The liquid phase passage rate and the recycling rate were linearly enhanced as percentage of CaO in the diet was enhanced. The potential and effective degradability as well as the degradation rates of DM and OM were linearly enhanced with the increasing of the CaO levels in diet. However, no differences of potential and effective degradability and on degradation rates of NDF and ADF were detected among treatments. The addition of CaO in sugarcane-based diets offered to Holstein x Gyr dairy cows reduces the percentage of protein, EE and DE in the milk, and depending on the percentage of addition, leads to reduction in milk yield. Alteration in intake behavior was not observed among treatments, as well as the distribution of activities considered for evaluation of this parameter. In conclusion, adding CaO (0.5 to 2.0% as-fed) in sugarcane-based diets offered to Holstein x Gyr lactating dairy heifers and cows. is not recommended.

Keywords: bovine, digestibility, hydrolysis, intake

Capítulo 1

Revisão de Literatura:

Cana de açúcar e cana de açúcar tratada com óxido de cálcio na alimentação de ruminantes

Literature review:

Sugarcane and calcium oxide-treated sugarcane for ruminant nutrition

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*). A produção brasileira na safra 2010/2011 está estimada em 664,333 milhões de toneladas, superior em 9,9% à da safra anterior. A produtividade média está prevista para 82.103kg/ha. O respectivo crescimento ocorreu em função da expansão de 681,9 mil hectares (9,2%) na área plantada, e do aumento de 518kg/ha (0,6%) na produtividade média (Companhia Nacional do Abastecimento – CONAB, 2010).

A cana de açúcar tem várias características que justificam sua utilização na alimentação de ruminantes, dentre elas: o alto teor de sacarose, o moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), a alta produção de matéria seca por unidade de área mesmo com baixa frequência de cortes, a simplicidade do cultivo agrônômico, a relativa resistência a pragas e doenças, a facilidade de compra e venda, o caráter semiperene, além de ser uma cultura tradicional entre os produtores rurais brasileiros.

O fato de atingir o máximo valor nutritivo durante o período seco do ano, quando a disponibilidade de forragem é baixa, tem impulsionado sua divulgação como forrageira adequada para cultivo em fazendas que utilizam pastagens e que visam minimizar o uso de tempo e capital em práticas de ensilagem.

A cana de açúcar, como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína e minerais, e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal.

Uma das principais limitações da cana de açúcar nos experimentos de desempenho animal é o baixo consumo de matéria seca e de nutrientes. Sendo assim, a cana de açúcar tem sido correlacionada negativamente à ingestão de matéria seca, não apenas pela fração

indigestível da fibra, mas também pela baixa taxa de digestão da fibra potencialmente degradável, as quais apresentam elevado efeito de repleção ruminal.

Os carboidratos estruturais da cana de açúcar são fonte potencial de energia de baixo custo para ruminantes. No entanto, seu potencial como fonte de energia é limitado devido às suas baixas digestibilidade e taxa de degradação e conseqüente baixo consumo voluntário. Este fato está relacionado, principalmente, com a estrutura da parede celular que protege os nutrientes da digestão microbiana no rúmen.

Quando a forragem apresenta alto teor de FDN, como as forrageiras cortadas em idades avançadas, ou quando a fibra apresenta baixa digestibilidade, como a da cana de açúcar (Boin et al., 1987), podem-se utilizar substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e a disponibilidade de nutrientes para os animais. Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcali melhora sua digestibilidade.

A cal micropulverizada, encontrada nas formas do óxido de cálcio (CaO) e do hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), que apresenta baixos teores de magnésio, dioxinas e furanos, surge como alternativa segura e de baixo custo quando comparada a outros tratamentos químicos. Já existem produtos certificados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentação animal.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Composição bromatológica

A cana de açúcar, como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal (Leng, 1988).

Na Tabela 1.1 encontra-se a composição bromatológica da cana de açúcar, em porcentagem da matéria seca.

Tabela 1.1. Composição bromatológica da cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), em porcentagem da matéria seca

Nutrientes	%
Matéria seca	28,45*
Proteína bruta	2,74
Extrato etéreo	1,55
Matéria mineral	3,10
Carboidratos totais	92,76
Carboidratos solúveis	42,83
Fibra em detergente neutro	57,68
Fibra em detergente ácido	34,02
Hemicelulose	21,22
Celulose	26,44
Lignina	7,75
Extrativo não nitrogenado	69,09

* Porcentagem na matéria natural

Fonte: Adaptada de Valadares Filho et al. (2006).

De maneira geral, o valor nutritivo das gramíneas diminui com o avançar do estágio de maturação. No entanto, o valor nutritivo da cana de açúcar aumenta com a maturidade, conforme pode ser visto na Figura 1.1. Com o avançar da idade da cana de açúcar, ocorrem decréscimos nos teores de proteína bruta (PB) e aumento nos teores de matéria seca (MS) e de carboidratos não fibrosos (CNF), sendo este último resultado do acúmulo de sacarose. Ocorre queda na digestibilidade da FDN com o avanço da idade, mas o aumento de CNF, representado na Figura 1.1 pelo conteúdo celular, supera esta queda, fazendo com que haja aumento na digestibilidade da matéria orgânica (MO) com o avanço da idade da planta. Essa característica resulta em importante vantagem para a alimentação animal, particularmente no período seco e frio do ano, época em que seu valor energético é máximo, enquanto o de outras gramíneas forrageiras atinge seus limites mínimos (Gooding, 1982).

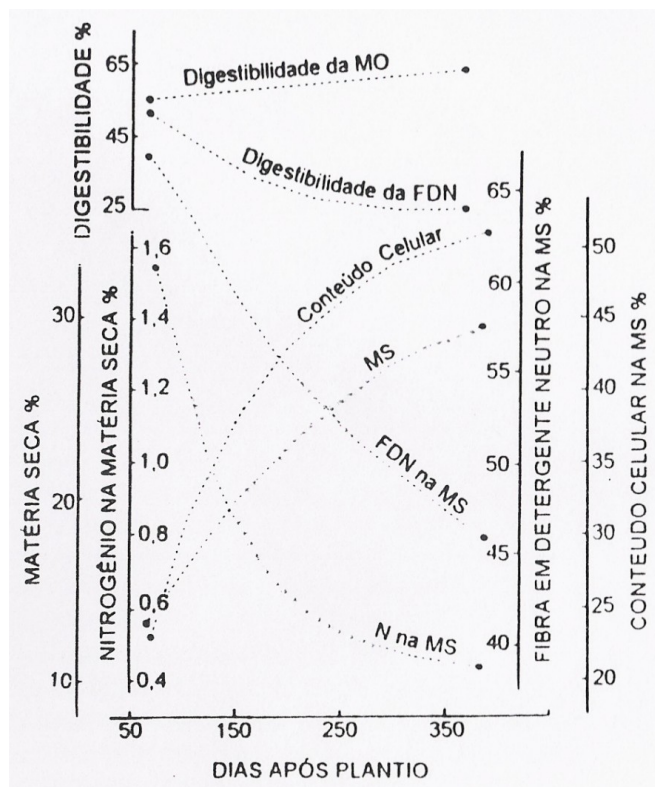


Figura 1.1. Composição e digestibilidade da cana de açúcar segundo a idade da planta

Fonte: Pate (1977).

Fernandes et al. (2003), considerando intervalos de quatro meses entre cortes da cana, verificaram que as diferenças nos teores de FDN e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram relativamente pequenas, o que evidencia a capacidade desse volumoso em manter constante o seu valor nutritivo ao longo do tempo, contrariamente ao que ocorre com a maioria das espécies forrageiras tropicais.

Dentre os fatores que afetam a qualidade da cana de açúcar como alimento para bovinos podem-se citar: variedade, idade da planta e precipitação pluviométrica. Existem variações na composição química da cana de açúcar, principalmente para os teores de MS, FDN e lignina. O ideal seria utilizar variedades com menor relação fibra/açúcar (Landell et al., 2002). O grau Brix é uma das medidas para avaliar o teor de carboidratos não fibrosos; os valores médios do grau Brix devem variar de 17 a 23° (Azevêdo et al., 2003). A relação FDN/Brix serve como indicativo de variedades para alimentação de ruminantes. Esta relação deve ser baixa, ou seja, quanto menor o teor de FDN e maior o teor de açúcar, melhor a variedade para a alimentação animal.

Dietas que utilizam cana de açúcar como volumoso necessitam de maior inclusão de concentrados proteicos para suprir as exigências dos animais, pois a cana apresenta baixo teor de proteína (Corrêa, 2001).

O baixo teor de fósforo da cana de açúcar é outra limitação dessa forrageira, sendo de fundamental importância uma suplementação mineral adequada para suprir as exigências nutricionais dos animais.

2.2. Escolha da variedade

Nos últimos dez anos, as pesquisas com melhoramento genético da cana de açúcar colocaram no mercado mais de cinquenta variedades de expressivo potencial produtivo. Entretanto, a maioria das propriedades rurais que utiliza a cana de açúcar na dieta dos animais não tem tido acesso às variedades melhoradas, devido à pouca disponibilidade desses materiais e, principalmente, porque essas variedades ainda não foram introduzidas e testadas nesses locais (Macedo et al., 2006).

As variedades mais promissoras para alimentação de bovinos são as que apresentam menores teores de FDN, maiores valores de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), relações FDN/Pol (Pol - teor de sacarose) menores que 2,7 e baixos teores de lignina. Considerando-se que é característica da espécie o baixo conteúdo nitrogenado, o teor de PB não é critério para escolha de variedades (Costa et al., 2003; Rodrigues et al., 2005, 2006).

A relação FDN/Pol pode servir de indicador para a escolha de variedades de cana de açúcar para alimentação de ruminantes. Rodrigues et al. (2001) observaram que quanto menor a relação FDN/açúcares, maior será a DIVMS.

Carvalho (1992), avaliando cinco variedades de cana de açúcar em cinco épocas de colheita, encontrou correlação entre a DIVMS e o teor de FDN de $-0,88$, e Rodrigues et al. (2001), avaliando 18 variedades, encontraram correlação de $-0,90$. Costa et al. (2003), avaliando doze cultivares, verificaram que a FDN nos colmos variou de 33,6 a 47,8% da MS, e o teor de CNF variou de 49,4 a 61,0%, sendo que as canas com alto teor de FDN apresentavam baixa concentração de CNF ($r = -0,96$).

Rodrigues et al. (2005), avaliando dez variedades de cana de açúcar, verificaram diferença acentuada nos teores de FDN, que variaram de 41,1 a 48,3%. Considerando-se que a capacidade de ingestão total de fibra pelo animal é limitada, uma variedade que apresenta teor de FDN elevado limitará a ingestão de cana de açúcar, e, conseqüentemente, o consumo de energia poderá ser insuficiente para atender às exigências nutricionais do animal, afetando seu desempenho.

Rodrigues et al. (2006) encontraram diferença entre as variedades estudadas para o teor de lignina, que variou de 2,9 a 4,1% da MS. Esta variável, que faz parte da FDN, tem alta correlação negativa com a digestibilidade, além de o aumento no teor de FDN na planta estar associado ao espessamento da parede celular, o que reduz a área disponível ao ataque microbiano no rúmen.

Azevêdo et al. (2003), avaliando a divergência nutricional de 15 variedades de cana de açúcar, verificaram que os teores de hemicelulose, de lignina e a taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN explicaram 87,8% da variação total do banco de dados utilizados em seu estudo.

Teixeira (2004) procurou definir que características da planta seriam mais correlacionadas ao valor nutritivo da cana de açúcar. Dentre as características agrônômicas e

bromatológicas avaliadas, a porcentagem de fibra (FDN ou FDA) foi a mais correlacionada com a degradabilidade da MS. Segundo o autor, a característica mais importante na cana de açúcar de alto valor nutritivo é ter baixa porcentagem de fibra na MS. A segunda mais importante é o comprimento dos colmos. Canas de alta digestibilidade têm colmos mais curtos, além de baixa porcentagem de FDA. Entretanto, selecionar canas com colmos curtos para obter ganho em digestibilidade levaria à perda na produção de MS por hectare, o que faz pouco sentido. A terceira característica seria selecionar variedades com maior porcentagem de colmos, ou seja, baixa proporção de palhas e folhas, uma vez que a sacarose, de alta digestibilidade, está contida nos colmos, enquanto as folhas são ricas em fibra de baixa digestibilidade. Ainda neste trabalho de Teixeira (2004), entre as três características mais correlacionadas ao valor nutritivo, a porcentagem de colmos foi a de maior herdabilidade ($h^2=63,1\%$), enquanto as características comprimento dos colmos e porcentagem de FDA apresentaram menor herdabilidade, que foram de 41,4 e 19,5%, respectivamente.

Fernandes et al. (2003) avaliaram variedades de cana de açúcar com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) e três idades de corte. Os autores observaram que variedades com ciclo intermediário apresentaram produção 8,66% maior em relação às precoces. As variedades de cana de açúcar precoces apresentaram maiores teores de FDN e FDA do que as de ciclo intermediário, uma vez que as primeiras atingem a maturidade mais cedo, culminando com mais rápido desenvolvimento das estruturas de sustentação, que são representadas pelos polissacarídeos da parede celular vegetal. Este fato torna as variedades de maturação intermediária mais apropriadas ao consumo pelos animais, devido à negativa relação entre os teores de FDN e de FDA dos alimentos e seu valor nutricional. Houve aumento linear do percentual dos nutrientes digestíveis totais (NDT) com o avanço na idade de corte, justificado pelo aumento linear do teor de MS e o aumento do teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ brix).

Outra característica que deve ser avaliada para escolha das variedades é a maior capacidade de desfolha natural ou fácil, pois permite maior eficiência no processo de corte, moagem, além de reduzir a oferta de material de baixo valor nutricional ao rebanho (Macêdo et al., 2006).

2.3. Consumo voluntário

Souza (2003) e Magalhães et al. (2004) observaram aumento de 15% no consumo em dietas à base de silagem de milho quando comparadas com aquelas baseadas em cana de açúcar. Corrêa et al. (2003), da mesma forma, verificaram o aumento de 6,52%. No entanto, Valvasori et al. (2002) não observaram diferenças no consumo de MS e PB com o aumento dos níveis de cana de açúcar nas dietas em substituição à silagem de milho.

Mendonça et al. (2004b) avaliaram dietas com silagem de milho ou com cana de açúcar em vacas Holandesas e observaram consumo 21,2% maior para as dietas à base de silagem de milho, ambas com relação volumoso:concentrado (V:C) de 60:40. Os autores verificaram que a redução para 0,35% na quantidade de ureia mais sulfato de amônio adicionado à cana de açúcar em relação à recomendação tradicional de 1% e a modificação da relação V:C de 60:40 para 50:50 não foram suficientes para aumentar o consumo de dietas com cana de açúcar.

Costa et al. (2005) compararam o consumo de matéria seca (CMS) entre três dietas com cana de açúcar corrigida com 1% da mistura ureia e sulfato de amônio (9:1) como volumoso único, nas proporções 60, 50 e 40% de inclusão (V:C de 60:40, 50:50, 40:60, respectivamente) e

uma dieta com silagem de milho na proporção de 60%. O consumo foi menor no nível de inclusão de 60% de cana de açúcar, intermediário no de 50% e maior no de 40%. O CMS do tratamento com 40% de inclusão de cana de açúcar foi semelhante ao obtido com a dieta à base de silagem de milho na proporção de 60%.

Mendonça et al. (2004a) avaliaram o comportamento ingestivo de vacas leiteiras recebendo dietas contendo silagem de milho (V:C de 60:40) ou cana de açúcar (V:C de 60:40 ou 50:50). As vacas alimentadas com dietas à base de cana de açúcar apresentaram maior tempo despendido em ócio, menor CMS, e a eficiência de ruminação, quando expressa em gramas (g) de FDN/h, também foi menor.

Magalhães et al. (2006), trabalhando com cana de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação, verificaram que a cana de açúcar apresentou elevada proporção de fibra indigestível em comparação à silagem de milho, uma vez que o coeficiente de digestibilidade da FDN para a dieta com 100% de cana de açúcar correspondeu a apenas 45,35% do valor obtido para a dieta com 100% de silagem de milho. A baixa digestão da FDN da cana de açúcar pode ter apresentado efeito de repleção ruminal e, conseqüentemente, ter limitado a ingestão de MS. Os autores também observaram que a taxa de passagem ruminal (TPR) decresceu enquanto o tempo médio de retenção total da digesta (TMRT) aumentou linearmente, estimando-se redução de 0,0057 unidades na TPR e aumento de 0,00375 unidades para o TMRT, respectivamente, por unidade percentual de cana de açúcar acrescentada às dietas.

2.4. Digestibilidade

Segundo Andrade (1999), não foi encontrada diferença significativa na digestibilidade da matéria orgânica (DMO) entre dietas com cana de açúcar (67,82%) e silagem de milho (67,59%). A baixa digestibilidade da FDN nas dietas com cana de açúcar (22,49%) foi compensada pela alta DMO da fração não fibrosa (87,58%). A sacarose da cana foi aparentemente mais digestível que o amido da silagem. Resultado semelhante foi encontrado por Magalhães (2001), que também não encontrou diferenças nas digestibilidades aparentes da matéria seca (DAMS), matéria orgânica (DAMO), proteína bruta (DAPB) e carboidratos totais (CHO), quando comparou diferentes níveis de substituição de silagem de milho por cana de açúcar. Houve decréscimo linear na digestibilidade da FDN com o incremento da inclusão de cana de açúcar na dieta. Provavelmente, tal fato ocorreu em virtude do maior teor de lignina presente nas dietas à base de cana de açúcar (Mendonça et al., 2004b). Costa et al. (2005) também não encontraram diferença na digestibilidade da matéria seca (DMS) e na DMO entre dietas com silagem de milho ou cana de açúcar.

Vilela et al. (2003) avaliaram diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana de açúcar. As dietas eram isoproteicas, e os tratamentos com maior inclusão de ureia, que foram o de cana de açúcar mais ureia (CAU) e o de cana de açúcar, milho grão e ureia (CMM), apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e de digestibilidade dos carboidratos (DCHO). Segundo os autores, o menor consumo nas dietas CAU e CMM, provavelmente provocado pelo maior tempo de retenção no rúmen, pode ter aumentado a digestão dos nutrientes neste compartimento. As rações CAU e CMM foram as que apresentaram as quantidades de ureia mais elevadas (3,52 e

3,22% na MS, respectivamente). A baixa palatabilidade da ureia pode ter contribuído para obtenção de menores ingestões de MS nestes tratamentos.

Na Tabela 1.2. estão resumidos os resultados de diversos trabalhos mostrando digestibilidade da MS e da FDN de dietas com cana de açúcar como volumoso único, sendo a baixa DFDN uma das limitações da cana de açúcar na dieta de ruminantes.

Tabela 1.2. Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com cana de açúcar como volumoso único e diferentes suplementos

Suplementos	DMS	DFDN	Animal	Fonte
Milho grão, far. Algodão	77,0%	-	Vacas	Biondi et al., 1978
Milho grão, far. Algodão	62,0%	37,0%	Garrotes	Pate, 1981
Milho grão, ureia, far. Soja	66,0%	53,0%	Novilhas	Manzano et al., 1993
Far. algodão, uréia	71,5%	66,6%	Vacas	Aroeira et al., 1995
Ureia, far. Algodão	65,4%	47,7%	Vacas	Ludovico e Mattos, 1997
Milho grão, far. soja ¹	70,9%	54,4%	Garrotes	Hernandez et al., 1997
Milho grão, far. soja ²	67,8%	37,0%	Garrotes	Hernandez et al., 1997
Milho grão, far. soja ³	66,3%	36,9%	Garrotes	Hernandez et al., 1997
Far. Soja	69,9%	55,4%	Vacas	Stacchini, 1998
Milho grão, far. Soja	61,9%	22,5%	Novilhas	Andrade, 1999
Milho grão, glúten milho, far. soja	61,4%	23,1%	Vacas	Corrêa, 2001
Milho grão, far. soja, glúten milho, uréia	73,3%	54,9%	Novilhas	Gallo, 2001
Far. soja, milho grão, uréia	73,0%	53,6%	Vacas	Valvasori et al., 2002
Ureia	64,8%	49,7%	Vacas	Vilela et al., 2003
Ureia, far. Algodão	63,0%	40,2%	Vacas	Vilela et al., 2003
Ureia, milho grão	70,5%	53,6%	Vacas	Vilela et al., 2003
Ureia, far. Trigo	65,4%	46,2%	Vacas	Vilela et al., 2003
Milho grão, far. soja, far. algodão, uréia	67,9%	31,0%	Vacas	Mendonça et al., 2004b
Milho grão, far. soja, far. algodão, far. trigo, uréia	66,7%	35,0%	Vacas	Costa et al., 2005

1 = Cana de açúcar variedade CO413, 2 = Cana de açúcar variedade RB72454, 3 = Cana de açúcar variedade RB806043.

Fonte: Hernandez et al. (1997); Corrêa (2001); Gallo (2001); Valvasori et al. (2002); Vilela et al. (2003); Mendonça et al. (2004b); Costa et al. (2005).

2.5. Utilização da cana de açúcar tratada com óxido ou hidróxido de cálcio na alimentação de ruminantes

A porção da fibra ingerida que é resistente à fermentação pelos microrganismos ruminais acumula-se no rúmen em relação à fração potencialmente fermentável (Allen e Mertens, 1987), tendo efeito direto na redução do consumo de alimento e no desempenho dos animais. Portanto, alternativas que visem aumentar a fração potencialmente degradável da fibra ou sua taxa de degradação podem ter impactos positivos sobre o consumo e o desempenho dos animais.

Os aumentos na DIVMS de volumosos tratados com produtos alcalinos normalmente estão relacionados ao aumento de consumo e do desempenho de animais alimentados com esses volumosos que podem, às vezes, apresentar resultados de desempenho semelhantes em comparação com dietas de melhor qualidade (Pires et al., 2006).

O tratamento alcalino, quando influencia positivamente a digestibilidade das frações fibrosas, proporciona melhor aproveitamento da fibra da dieta, disponibilizando mais energia para crescimento microbiano, elevando o aporte de proteína para o intestino (Ezequiel et al., 2005).

Haddad et al. (1994) avaliaram a digestibilidade da palha de trigo tratada com NaOH e ou CaO *in vitro* e *in vivo* em novilhas holandesas. O CaO mostrou-se alternativa viável em substituição ao NaOH, especialmente quando os componentes da dieta promovem pH mais baixo. Chaudhry (1998a) também encontrou resultados semelhantes quando testou o CaO em substituição ao hidróxido de sódio, sendo o CaO considerado alternativa mais segura e de menor custo. Segundo Jackson (1977), a hidrólise com a cal é mais evidente sobre a hemicelulose.

Tradicionalmente, o uso de cana de açúcar baseia-se no corte diário e no fornecimento imediato da forragem fresca. Recentemente têm sido divulgada a utilização de cal virgem (CaO) e cal hidratada (Ca(OH)₂) no tratamento da cana de açúcar com o intuito de manter qualidades nutritivas desta forrageira por alguns dias, sem a necessidade de cortes diários (Oliveira et al., 2007).

A utilização desta técnica traz aos produtores melhor qualidade de vida, já que diminui a frequência de corte da forragem e de emprego de mão-de-obra, sem a necessidade de investimento em equipamentos (Mota et al., 2010).

A cal microprocessada, encontrada nas formas de CaO e Ca(OH)₂, surge como alternativa segura e de baixo custo ao NaOH. Chaudhry (1998a) observou incremento similar na digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da palha de aveia tratada com CaO ou NaOH, quando comparada com a palha não tratada. No entanto, o autor chama a atenção para o fato do CaO ser um produto químico de reação lenta, com solubilidade menor que 1%, sendo necessário tempo maior de reação para apresentar os mesmos efeitos do NaOH.

Estudos conduzidos por Garmo (1986) evidenciaram incrementos de 13 a 20% na DIVMS da palha de aveia tratada com Ca(OH)₂ sobre a digestibilidade da palha de trigo.

Segundo Chaudhry (1998b), o Ca(OH)₂ tem como vantagens a disponibilidade em todo o mundo, sendo ele muito mais barato, seguro para o ser humano e para o meio ambiente, além de ser efetivo em melhorar o valor nutritivo de volumosos que possuem fibra de baixa qualidade, quando comparado ao NaOH.

Quando se adiciona cal na cana de açúcar deve-se esperar aumento no teor de matéria mineral (MM) e, conseqüentemente, diminuição no teor de MO. Devido a este aspecto, deve-se atentar para a formulação da ração a fim de proporcionar uma dieta equilibrada em minerais, especialmente em relação ao cálcio e ao fósforo. É preciso avaliar a biodisponibilidade do cálcio, assim como o próprio teor que a cana de açúcar apresenta na sua composição, além dos requerimentos nutricionais, de acordo com a categoria e a espécie animal. A cana de açúcar apresenta quantidade considerável de cálcio, porém a concentração de fósforo é muito baixa (Oliveira et al., 2006a).

O tratamento químico de volumosos tem sido objeto de estudos há muito tempo. Entretanto, até hoje muitas dúvidas são levantadas sobre a eficiência dos aditivos utilizados no que se refere à variação das respostas, seja no valor nutritivo dos volumosos tratados, seja no desempenho dos animais alimentados com dietas contendo estes volumosos. Pires et al. (2010) revisaram a literatura abordando os principais e mais utilizados produtos químicos, que são a amônia anidra, a ureia, o hidróxido de sódio e o óxido de cálcio. Os autores verificaram que a amonização (tanto com amônia anidra quanto ureia) tem apresentado resultados mais eficientes no desempenho animal quando comparada ao hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. Entretanto, em relação ao valor nutritivo, tanto o hidróxido de sódio quanto o óxido de cálcio têm apresentado maior eficiência na redução da parede celular e no aumento da digestibilidade de volumosos tratados.

São necessários mais estudos para avaliar quais são as melhores condições para o tratamento da cana de açúcar com CaO antes da aplicação nas fazendas comerciais (Chaudhry, 1998b).

Embora um número cada vez maior de produtores esteja adotando o tratamento da cana de açúcar com a cal microprocessada, existem poucos dados na literatura a respeito da dose a ser utilizada, do tempo de reação necessário e do valor nutritivo da cana de açúcar submetida a esse tratamento.

2.5.1. Mecanismo de ação

Existem estudos que demonstraram que o tratamento de materiais fibrosos com álcali, como a cal micropulverizada, aumenta sua digestibilidade. O fenômeno mais associado com o tratamento alcalino de volumosos é a solubilização parcial das hemiceluloses, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose. Ou seja, são rompidas ligações na fração fibrosa da cana, que levam ao aumento da sua digestibilidade.

A justificativa para emprego de álcali reside no fato de a lignina das gramíneas ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dessa base, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (Van Soest, 1994).

De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico. Então, o aumento na extensão da digestão da celulose e das hemiceluloses é, provavelmente, devido à quebra das ligações com a lignina, sem atuar na sua remoção, melhorando a digestibilidade da fibra pelo aumento na solubilidade das hemiceluloses e na disponibilidade da celulose e das hemiceluloses.

2.5.2. Caracterização do óxido de cálcio (CaO)

O óxido de cálcio é produzido pela combustão de várias formas de carbonato de cálcio como calcário, giz, mármore e ostras (Figura 1.2.). Pode também ser produzido como subproduto da fabricação do cimento. Foi usado por vários povos (gregos, romanos, árabes e mouros) principalmente na construção (Kirk-Othmer, 1991). No produto utilizado para fins de tratamento de forrageiras, são consideradas como impurezas o óxido de Mg, sílica, ferro e alumínio.

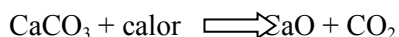


Figura 1.2. Reação química da formação do óxido de cálcio

O óxido de cálcio é um pó ou massa uniforme inodora, de coloração branca ou cinza, que apresenta ponto de fusão de 2.572°C e de ebulição de 2.850°C. Absorve facilmente oxigênio e água do ar. É solúvel em água, formando hidróxido de cálcio e calor. Em contato com água, umidade ou ácidos orgânicos pode gerar grande quantidade de calor e induzir combustão de materiais, podendo gerar temperaturas de até 800°C (NFPA, 1978). O calor da solução em água é de 64 kJ/mol. É extremamente cáustico. Na água, o CaO ioniza-se facilmente em Ca⁺⁺ e OH⁻, formando uma base forte, papel importante na modificação do pH. O pH de uma solução saturada de CaO é, aproximadamente, 12,5 (Troeh, 1993).

O uso de óxido de cálcio, ou cal virgem, para tratamento hidrolítico de forragens, tem por base a formação de hidróxido de cálcio (CaOH₂), um agente alcalino com moderado poder de hidrólise da fibra (Berger et al., 1994).

Ao se adicionar cal à cana de açúcar, ocorre alteração imediata de coloração da cana, que passa de esbranquiçada para uma coloração amarelada. Essa mudança imediata de coloração auxilia na verificação da homogeneização da cana de açúcar com a cal.

2.5.3. Composição bromatológica

Mota et al. (2007) estudaram a adição ou não de 0,5% de cal virgem ou de cal hidratada na cana de açúcar. Independente da cal utilizada, os autores verificaram redução nos teores de FDN da cana de açúcar de 45% para 40,5%. Não houve alteração nos teores de MS e de fibra em detergente ácido (FDA).

Em trabalho com cana de açúcar tratada com CaO por 24 horas, Teixeira Júnior et al. (2007) avaliaram doses de 0; 0,5; 1,0 e 1,5% e verificaram redução nos teores de FDN, registrando valores de 42,1; 41,0; 35,4e 34,5%, respectivamente.

A ação da cal hidratada, com relação aos níveis de concentração da cal (0; 0,5 e 0,6% na MN) e os diferentes tempos utilizados (3, 6 e 9 horas) não afetaram (P>0,05) os teores de MS, EE, FDN, FDA, HCel, CNF e de NDT. Porém, devido à adição do hidróxido de cálcio, os teores de MO foram reduzidos e de MM foram aumentados em 71,41 e 82,04%, quando a cana de açúcar foi hidrolisada com 0,5 e 0,6% de cal hidratada, respectivamente (Oliveira et al., 2008).

Pontes (2007) encontrou valores de 96,28% para a matéria orgânica na cana de açúcar *in natura* e 90,87% para a matéria orgânica da cana de açúcar tratada com CaO (1% na MN) após 24 horas.

Balieiro Neto et al. (2006), utilizando 1% de cal virgem na cana de açúcar, observaram redução do teor de FDN de 55,48 para 49,30%, e de FDA de 43,96 para 33,55%. Houve aumento da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de 62 para 70%, 24 horas após aplicação do produto.

Santos et al. (2006) avaliaram a composição da fração fibrosa da cana de açúcar tratada com 0; 0,5; 1,0 e 1,5% de CaO diluído em 40 litros/t de matéria verde (MV) ou aplicado a seco. A cal foi efetiva em alterar a composição da parede celular, não havendo efeito do modo de aplicação do produto. Os melhores resultados foram observados com a dose de 1,5% de CaO sobre as hemiceluloses.

Sforcini et al. (2010a) avaliaram a influência das doses de cal e dos tamanhos de partículas sobre a composição bromatológica da cana de açúcar IAC 862480. Eles avaliaram as doses 0; 0,5; 1,0 e 1,5% de cal virgem após 48 horas de armazenamento e tamanhos de partícula de 0,5 e 1,0 cm. Houve influência das doses de cal nos teores de MM, FDN, FDA e HCel. A hidrólise da cana de açúcar com até 1,5% de cal, proporcionou reduções nos teores de FDN, FDA e HCel.

Haddad et al. (1998) estudaram o efeito do tratamento com Ca(OH)_2 na composição química da palha de trigo. Houve redução tanto dos teores de MO como de FDN, mas os teores de FDA e lignina não se alteraram com o tratamento. Neste estudo os autores mostraram que se pode substituir 2% de NaOH por 3% de Ca(OH)_2 com resultados semelhantes.

Foi avaliado o efeito da adição de CaO (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% na MN) sobre a composição bromatológica e perdas em silagens de cana de açúcar, utilizando-se silos laboratoriais com capacidade de 15L. Todas as variáveis foram influenciadas pelos níveis de cal nas silagens, excetuando-se os teores de lignina, proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e carboidratos solúveis em água. O teor de MS e o pH aumentaram linearmente, enquanto os teores de PB e hemiceluloses decresceram linearmente com os níveis de cal. A adição de 1,5% de CaO promoveu menor perda por gases, bem como menores valores de pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), que permitiram classificar as silagens produzidas como de boa qualidade (Cavali et al., 2006).

Uma limitação da utilização da cana de açúcar é a necessidade de corte diário. Os agentes alcalinizantes, como a cal virgem e a cal hidratada, também vêm sendo utilizados com o intuito de manter as qualidades nutritivas deste volumoso por alguns dias sem a necessidade de cortes diários, o que pode facilitar o manejo diário e de finais de semana. Mota et al. (2007) avaliaram a adição de 0,5% de cal na cana de açúcar e diferentes tempos de hidrólise (12, 36 e 60h). Os autores não verificaram diferença nos teores de MS, FDN e FDA nos diferentes tempos de hidrólise. Sendo assim, os autores concluíram que a adição de 0,5% de cal mantém as características bromatológicas por até 60 horas após o início do tratamento.

Alterações na composição bromatológica da cana de açúcar tratada com CaO podem ou não ocorrer devido à associação de diversos fatores, como a concentração de CaO, tempo de exposição da cana de açúcar ao agente hidrolisante, homogeneização, variedade e idade da planta, entre outros, justificando assim a variação da composição da cana hidrolisada com a cal.

2.5.4. Consumo e Digestibilidade

Em termos genéricos, os resultados de trabalhos de digestibilidade com ruminantes recebendo dietas básicas de cana de açúcar evidenciaram que os maiores valores para a digestibilidade da MS, em torno de 66 e 68%, e para a FDN, entre 35 e 43%, foram direta e positivamente relacionados à quantidade e qualidade do suprimento nitrogenado incluído nas dietas (Aroeira et al., 1995). Este fato é compreensível já que a digestão no rúmen de um alimento rico em sacarose dependerá da interação energia-nitrogênio (Russell et al., 1992).

Segundo Schimidt (2006), o objetivo principal da hidrólise da cana de açúcar não é o de permitir que o animal aproveite melhor a fibra da cana, e sim, fazer o animal consumir mais cana de açúcar, conseqüentemente, mais energia.

A maior ou menor ação da cal virgem ou hidratada sobre a digestibilidade *in vitro*, principalmente da FDN e da FDA, depende de vários fatores, como a concentração de óxido de cálcio total, tamanho da partícula, quantidade utilizada na hidrólise, forma de aplicação, homogeneização da mistura (solução ou em pó), tempo de hidrólise, maturação e variedade da cana de açúcar, entre outros (Mota et al., 2010)

Oliveira et al. (2006b) determinaram a composição bromatológica, a DIVMS, da FDN e da FDA da variedade IAC86-2480 de cana de açúcar com adição de zero e 0,5% de cal, durante três e seis horas e com duas formas de aplicação (solução ou pó). A hidrólise com 0,5% de cal hidratada (72% de óxido de cálcio total) proporcionou aumento na DIVMS, na da FDN e na da FDA da cana de açúcar. A hidrólise com cal não afetou o teor de FDA. Porém, a ação alcalinizante e ao mesmo tempo hidrolisante da cal foi observada reduzindo os teores de FDN e de hemiceluloses em comparação com a cana de açúcar não tratada.

Independente da forma de aplicação, solução ou pó, Oliveira et al. (2006a) verificaram que a hidrólise da cana de açúcar, com o nível de 0,5% de cal, mostrou-se mais efetiva do ponto de vista da digestibilidade dos nutrientes estudados. Isto é interessante para o produtor, que não precisa de equipamentos para a mistura da cal com a água. Entretanto, os autores ressaltaram que a aplicação a seco em grandes quantidades de cana de açúcar picada torna-se limitada, quando feita manualmente (Oliveira et al., 2006a).

Moraes et al. (2007) verificaram que a adição de 1,0% de cal virgem na cana de açúcar fornecida após 24h de armazenamento prejudicou o consumo dos nutrientes, com exceção do consumo de FDN, que não se alterou. Os autores sugeriram que a queda no consumo de MS pode ser devida à alta temperatura da cana com cal virgem e ao pH alcalino, que podem ter prejudicado a palatabilidade e limitado o consumo. Campos (2007), comparando a cana de açúcar pura e a cana de açúcar com adição de 0,6% de cal virgem 24 horas após o tratamento, observou aumento da temperatura de 25 para 40°C e do pH de 5,4 para 6,8.

Campos (2007), avaliando dietas com cana de açúcar *in natura* ou com 0,6% de CaO na MN, com diferentes níveis de inclusão de ureia em ovinos machos da raça Santa Inês, não observou diferença no consumo de MS, na digestibilidade da MS e da FDN, com a adição da cal virgem. Porém, em dietas com deficiência de proteína bruta (PB), sem adição de ureia, houve redução do consumo de MS.

Pontes (2007), trabalhando com ovinos alimentados com cana de açúcar acrescida de cal (0; 0,5 e 1,0% na base da MN) com tempos de exposição de 0 e 24 horas, não observou efeito destes tempos, nem da interação entre os tratamentos sobre o consumo dos nutrientes. A

digestibilidade da FDN dentro de cada tempo não foi influenciada ($P>0,05$) pelos níveis de cal. Contudo, analisando-se os níveis de cal dentro de tempos de armazenamento, constatou-se que a digestibilidade da FDN foi melhorada com o nível de 1% da cal na cana armazenada por 24 horas.

Balieiro Neto et al. (2007), avaliando os efeitos do óxido de cálcio aplicado no momento da ensilagem de cana de açúcar, nas doses de 0; 0,5; 1,0 e 2,0%, verificaram redução dos teores de FDN (55,48; 51,33; 49,30 e 45,36%) e aumento da DIVMS (66,50; 71,06; 71,09 e 72,17%), respectivamente.

Em estudo conduzido por Cavali et al. (2006), adicionando-se doses crescentes de CaO (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%, na MN) na cana de açúcar *in natura*, verificou-se aumento na DIVMS, com valores de 66,9; 70,2; 71,4; 73,4 e 81,0%, respectivamente.

Trabalhando com ovinos machos da raça Santa Inês e novilhas Holandês x Zebu, Carvalho (2008) avaliou o consumo e a digestibilidade de dietas contendo 70% de cana de açúcar (corrigida para 1% na MN da mistura de ureia e sulfato de amônio – 9:1) e 30% de concentrado. A cana de açúcar foi tratada com doses de (0; 0,75; 1,5 e 2,25% na MN) de óxido de cálcio, sendo fornecida após 24 horas. Com relação aos ovinos, houve maior consumo ($P<0,01$) de MS, MO, PB, FDN, CNF e NDT (kg/dia) e de MS, MO, FDN e NDT (%PV) nos tratamentos com a cana de açúcar tratada com CaO em relação à cana de açúcar *in natura*. Segundo o autor, esse resultado pode ser explicado pelo aumento da palatabilidade e por benefícios da hidrólise. Porém, houve menor digestibilidade da MS e dos CNF nos tratamentos com CaO. Os demais componentes não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$). Os coeficientes de digestibilidade da MS, FDN e o teor de NDT associaram-se de forma linear negativa ($P<0,05$) às doses de CaO aplicadas à cana de açúcar. Encontraram-se menores valores de produção microbiana nas dietas com cana de açúcar tratada com CaO, o que pode estar relacionado com o elevado pH ruminal, embora não tenha sido mensurado, mas devido aos valores observados na cana de açúcar tratada. Os tratamentos foram 0,75; 1,5 e 2,25% de CaO e valores de pH de 7,3; 9,3 e 11,2, respectivamente.

Os microrganismos celulolíticos têm suas atividades potencializadas numa faixa de pH entre 6,0 e 6,8, e valores muito abaixo ou acima prejudicam a atividade microbiana (Smith et al., 1972).

Com relação às novilhas, Carvalho (2008) observou que os consumos de MS, MO, EE, FDN, CHOT, CNF e NDT (kg/dia) não foram afetados pela adição do CaO à cana de açúcar, sendo que os consumos de MO, FDN e NDT diminuíram linearmente com as doses de CaO. A digestibilidade da MO, FDNcp, CHOT, CNF e o teor de NDT das dietas não foram afetados. Entretanto o tratamento da cana de açúcar com CaO provocou redução na digestibilidade da MS e PB.

Com o intuito de investigar a degradabilidade ruminal da FDN da cana de açúcar tratada ou não com 1% (na MN) de óxido de cálcio, utilizando vacas fistuladas no rúmen, Rabelo et al. (2009) avaliaram o efeito da cal em dois tempos de incubação ruminal (24 e 96 horas), sobre a degradabilidade da MS e FDN. O tratamento da cana de açúcar com o CaO não foi efetivo estatisticamente ($P<0,01$) para assegurar melhoria na digestibilidade ruminal, sendo os valores após 24 horas de incubação de 42,75 e 43,12% para a MS e 18,40 e 25,16% para FDN, para a cana de açúcar *in natura* e tratada, respectivamente, e após 96 horas, 56,17 e 57,91% para a MS e 40,92 e 41,40% para a FDN, na cana de açúcar *in natura* e tratada, respectivamente.

Pancoti (2009) estudou o efeito de diferentes tempos de exposição (zero, 24, 48 e 72 horas) do óxido de cálcio (CaO) adicionado em 1% na matéria natural (%MN), na cana de açúcar, com níveis de 1% (MN) da mistura de ureia e sulfato de amônio, com relação (9:1). Utilizaram-se novilhas Holandês x Zebu, variando de 1/4 a 7/8 de grau de sangue Holandês. Os diferentes tempos de hidrólise não alteraram o consumo e a digestibilidade aparente da MS, MO, FDNcp, FDA, Cel, CHOT, CSDN, Ca, P, consumo de NDT e MS digestível, e o comportamento ingestivo.

2.5.5. Desempenho Animal

Apesar dos bons resultados obtidos nas avaliações feitas por técnicas *in vitro*, os poucos resultados da literatura de ensaios com animais não vêm repetindo a mesma tendência.

Em um trabalho com novilhas mestiças, avaliou-se o efeito da cana de açúcar com zero ou 1,0% de cal virgem na MN com três níveis de oferta de concentrado (0; 0,5 e 1,0% do PV). O ganho médio diário e o peso vivo final dos animais não foram aumentados pelo tratamento da cana de açúcar com cal virgem (Moraes et al., 2007).

Carvalho (2008) trabalharam com vacas leiteiras Holandês x Zebu alimentadas com dietas de 85% de cana de açúcar com doses crescentes de CaO (0; 0,75; 1,5 e 2,25% na MN), sendo a cana tratada fornecida aos animais após 24 horas, corrigida com 1% da mistura ureia/sulfato de amônio (9:1) e 15 % de concentrado. O autor não encontrou diferenças no consumo dos nutrientes, na produção e composição do leite pela adição do CaO à cana de açúcar.

Alves et al. (2010) estudaram dietas contendo cana de açúcar *in natura* ou hidrolisada associadas com girassol (semente, farelo ou óleo). Em relação à composição do leite, não houve diferença significativa entre as dietas, apresentando teores médios de 3,02% de proteína e 3,64% de gordura. Outros dados da composição do leite como lactose e sólidos totais, também não foram influenciados apresentando médias de 4,45% e 12,2% respectivamente.

Pina (2008) avaliou o efeito da inclusão de óxido de cálcio (0,0; 0,5 ou 1,0% na base da MN) e dos tempos de exposição (0 ou 3 dias) da cana de açúcar à cal sobre o desempenho de novilhas Nelore. Os níveis de cal influenciaram de forma linear decrescente ($P < 0,05$) os consumos de MO, FDNcp, CNF e NDT. O ganho de peso (GMD) também diminuiu, conseqüência do efeito da mesma sobre o consumo de MO. O efeito dos tempos de exposição à cal sobre os consumos de MS, MO, PB e NDT, e o GMD não foi observado. Porém, após três dias de armazenamento, os consumos de EE e FDNcp aumentaram e os de CNF diminuíram ($P < 0,05$). Segundo o autor, o aumento no consumo de FDNcp e a redução do consumo de CNF observados durante o armazenamento da cana de açúcar pode ser devido à fermentação da cana de açúcar ocorrida durante seu armazenamento, o que refletiu na composição química das dietas.

Sforcini et al. (2010b) realizaram avaliação econômica da alimentação de novilhas Nelore em confinamento com cana de açúcar *in natura* e cana de açúcar hidrolisada submetida a diferentes tempos de armazenamento (24, 48 e 72 horas). Para os cálculos dos custos foram considerados os valores praticados em 2008. Aumento no tempo de armazenamento da cana hidrolisada até 72 horas proporcionou a diminuição linear dos custos com depreciações de equipamentos e mão-de-obra, colaborando para elevação linear na receita líquida e lucratividade

da recria em confinamento de novilhas Nelore. Os autores ressaltaram que os resultados do presente estudo estão relacionados ao desempenho animal e aos custos praticados no ano em questão, de forma que, variações na oferta e procura do produto (animais) e insumos podem determinar variações positivas ou negativas na lucratividade, quando da utilização de sistemas de alimentação semelhante ao do presente estudo.

2.6. Níveis de cálcio em dietas à base de cana de açúcar tratada com CaO

Minerais são requeridos para importantes funções no organismo animal. Entre as funções primárias pode-se citar a participação como componente estrutural de órgãos e tecidos, incluindo ossos e dentes, e como constituintes de fluidos corporais. Também são fundamentais como eletrólitos, mantendo a pressão osmótica, o balanço ácido-básico, a permeabilidade das membranas e a transmissão nervosa (NRC, 2006).

O cálcio (Ca) é considerado um dos minerais mais importantes na produção de ruminantes, pois desempenha inúmeras funções básicas relacionadas à integridade do esqueleto, à manutenção da permeabilidade normal das células, à coagulação do sangue e à regulação da excitabilidade neuromuscular (Andrighetto et al., 1993).

Na formulação de dietas para ruminantes, o Ca consiste em importante nutriente e pode ser originado tanto de produtos inorgânicos como de ingredientes de origem vegetal. Porém a sua disponibilidade deve ser conhecida (Vitti et al., 2006).

A excreção de Ca pelo corpo animal ocorre em maior proporção nas fezes do que na urina. A perda endógena de Ca fecal representa grande parte do Ca que foi secretado no trato digestivo, sendo que a maior parte do cálcio oriundo das secreções endógenas que não foi reabsorvido (Coelho da Silva e Leão, 1979).

A disponibilidade de um elemento pode ser definida como a porcentagem do elemento suprida pelo alimento que pode ser usada pelo corpo do animal para satisfazer às perdas endógenas, ser armazenado ou ser utilizado para produção. Como a quantidade de cálcio eliminada na urina é muito pequena em relação ao cálcio fecal, a disponibilidade do cálcio é muitas vezes expressa como digestibilidade verdadeira do cálcio alimentar (Coelho da Silva e Leão, 1979).

Resultados de estudo de balanço nutricional e com cálcio radioativo mostraram que quando a ingestão de Ca aumenta, o seu aproveitamento pelo animal (disponibilidade) diminui. Isto sugere que o aparelho digestivo pode absorver cálcio nas proporções das necessidades do corpo (Coelho da Silva e Leão, 1979).

Existem diversas variáveis que estão relacionadas ao metabolismo de Ca. De acordo com o modelo de Fernandez (1995) as variáveis que estão relacionadas ao metabolismo do cálcio são a quantidade de Ca ingerido, perda total de Ca nas fezes, Ca endógeno fecal, Ca fecal de origem dietética, perda de Ca na urina, Ca absorvido de origem alimentar, Ca de origem endógena que chega ao TGI, Ca endógeno reabsorvido no TGI, total de Ca absorvido, Ca reabsorvido do osso e que retorna, Ca incorporado ao osso, Ca incorporado aos tecidos moles, Ca reabsorvido dos tecidos moles, total de Ca reciclado para o osso e para os tecidos moles.

De acordo com McDowell (1992), a forma química, o tipo de fonte e a interação com outros nutrientes afetam a absorção do mineral. Geralmente, a forma orgânica é a menos disponível.

A toxicidade do cálcio está ligada à hipercalcemia e à calcificação de tecidos moles (McDowell, 1989).

Fósforo é um nutriente essencial aos animais, e como fosfato, é envolvido na maioria das atividades metabólicas do corpo, bem como na formação dos ossos. Como a cana de açúcar, em geral, é deficiente em P, é necessária a suplementação deste elemento para os animais recebendo dietas contendo cana de açúcar. Para uma suplementação adequada é preciso o conhecimento do seu metabolismo e de seu inter-relacionamento com outros minerais (Salviano e Vitti, 1998).

O fósforo é um elemento essencial nas dietas para os animais e representa risco potencial para poluição ambiental. Por isso, o nível de inclusão nas dietas deve garantir o máximo de desempenho animal com o mínimo de impacto para o meio ambiente (NRC, 2006).

Alguns fatores influenciam e determinam a absorção de P pelos ruminantes, tais como: pH no intestino, níveis e proporções de Ca e P na dieta, vitamina D, outros minerais, além da individualidade animal e da genética (Salviano e Vitti, 1998).

A deficiência de fósforo causa redução de consumo voluntário. Outros sintomas incluem redução de ganho de peso, baixa mineralização óssea levando à deformação óssea, supressão de estro, baixas taxas de concepção e redução da produção de leite. A deficiência de fósforo pode ser causada por baixos teores de fósforo ou altos teores de cálcio nas dietas (NRC, 2006).

De acordo com Technical Commite on Responses to Nutrients – TCORN (1991), os bovinos apresentam grande tolerância à ingestão de cálcio em excesso às suas necessidades, desde que os requisitos de fósforo estejam atendidos, no entanto, relações Ca:P superiores a 8:1 podem comprometer o desempenho.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, M. S.; MERTENS, D. R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *The Journal of Nutrition*. p.261-270, 1987.

ALVES, A.C.N.; EZEQUIEL, J.M.B.; LIMA, M.L.P. et al. Desempenho de vacas mestiças alimentadas com cana “in natura” e hidrolisada associadas a subprodutos de girassol. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM

ANDRADE, M.A.F. *Desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com cana de açúcar como volumoso único*. 1999. 56f Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. *Nutrição animal*. São Paulo: Nobel, 1993. 395p.

- AROEIRA, L.J.M.; LOPES, F.C.F.; DAYRELL, M.S. et al. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana de açúcar mais ureia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.24, p.1016-1026, 1995.
- AZEVÊDO, J.A.G.; PEREIRA, J.C.; CARNEIRO, P.C.S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana de açúcar (*Saccharum spp.*). *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.1431-1442, 2003.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. et al. Óxido de cálcio como aditivo na ensilagem da cana de açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.36, n.5, p.1231-1239, 2007.
- BALIEIRO NETO, G.; LIMA, M.L.P.; REIS, R.A. et al. Determinação da degradabilidade ruminal *in situ* com amostras secas ou úmidas de duas variedades de cana de açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM.
- BERGER, L. L.; FAHEY Jr., G. C.; BOURQUIN, L.D. et al. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY Jr., G. C. Forage quality, evaluation, and utilization. Wisconsin: ASA, p.922- 966, 1994.
- BIONDI, P.; CAIELLI, E.L.; FREITAS, E.A.N. et al. Substituição parcial e total da silagem de milho por cana de açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. *Bol. Ind. Anim.*, v.35, p.45-55, 1978.
- BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana de açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana de açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.2, p.805-850.
- CAMPOS, M.M. *Valor nutritivo da cana de açúcar adicionada ou não com óxido de cálcio com diferentes níveis de ureia em ovinos*. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- CARVALHO, G. J. *Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana de açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte*. 1992. 75f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, MG.
- CARVALHO, G.G.P de. *Cana de açúcar tratada com óxido de cálcio em dietas para ovinos, caprinos, novilhas e vacas em lactação*. 2008. 279p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; SOUSA, L. O. et al. Silagem de cana de açúcar tratada com óxido de cálcio: composição bromatológica e perdas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM
- CHAUDHRY, A. S. In vitro and in sacco digestibility of wheat straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*. v.74, p.299-311, 1998a.
- CHAUDHRY, A. S. Chemical and biological procedures to upgrade cereal straws for ruminants. *Nutrition Abstracts and Reviews B*. v.68, n.5, p.319-331, 1998b.
- COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes*. Piracicaba: Livrocere, 1979, 380p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Brasília: CONAB, 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em: 14 jun 2010.

CORRÊA, C.E.S. *Silagem de milho ou cana de açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas Holandesas*. 2001. 102f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G. et al. Performance of holstein cows fed sugar cane or corn silages of different grain textures. *Scient. Agric.*, v.60, p.621-629, 2003.

COSTA, G.C.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana de açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, p.2437-2445, 2005.

COSTA, H.N.; PEREIRA, M.N.; MELO, R.P. et al. Effect of the rumen environment on ruminal in situ degradability of sugarcane. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9, 2003, Porto Alegre, RS. *Proceedings...* Porto Alegre: UFRGS, 2003.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L.; et al. Processamento da cana de açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. *Rev. Bras. Zootec.*, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana de açúcar (*Saccharum ssp* L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.977-985, 2003.

FERNANDEZ, J.A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. III. A model resolution. *Livestock Production Science*, v.41, n.1, p.255-261, 1995.

GALLO, P.C.S. *Desempenho de novilhas Holandesas alimentadas com teores dietéticos crescentes de cana de açúcar*. 2001. 40f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

GARMO, T. H. Treatment of straw with sodium, potassium and calcium hydroxide in laboratory scale. Agricultural University of Norway. Department of Animal Nutrition, 1986.

GOODING, E.G.B. Efeito de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para bovinos. *Trop. Anim. Prod.*, v.7, p.76-97, 1982.

HADDAD, S. G.; GRANT, R. J.; KACHMAN, S. D. Effect of wheat straw treated with alkali on ruminal function and lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.81, p.1956–1965. 1998.

HADDAD, S. G.; GRANT, R. J.; KLOPFENSTEIN, T. J. Digestibility of alkali-treated wheat straw measured in vitro or in vivo using Holstein heifers. *Journal of Animal Science*, v.73, p.3258–3265. 1994.

HERNANDEZ, M.R.; SAMPAIO, A.A.M.; OLIVEIRA, M.D.S. et al. Avaliação de variedades de cana de açúcar através do estudo de digestibilidade aparente com bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., Juiz de Fora, MG. *Anais...* Juiz de Fora: SBZ, 1997. p.443-445.

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

- KIRK-OTHMER. Encyclopedia of Chemical Technology, 4 ed. Wiley Interscience publ. NY. v. 15. Lime and Limestone. p. 319-359, 1991.
- KLOPFENSTEIN, T. Increasing the nutritive value of crop residues by chemical treatments. In: HUBER, J.T. *Upgrading residues and products for animals*. Boca Raton, FL: CRC press, 1980. p.40-60.
- LANDELL, M.G.A .; CAMPANA, M.P.;RODRIGUES, A .A . A variedade IAC862480 como nova opção de cana de açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal. Série Tecnológica APTA, Boletim Técnico IAC193, 2002. 36p.
- LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la cana de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALRS, M. (Ed.). *Sistemas intensivos para la producción animal y de energia renovable com recursos tropicales*. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.
- LUDOVICO, A.; MATTOS, W.R.S. Avaliação de dietas à base de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypum hirsutum* L.). *Rev. Bras. Zootec.*, v.26, n.2, p.403-410, 1997.
- MACÊDO, G.A.R.; VIANA, M.C.M.; OLIVEIRA, J.S. Características agronômicas e bromatológicas de variedades de cana de açúcar na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD-ROM.
- MAGALHÃES, A.L.R. *Cana de açúcar (Saccharum officinarum) em substituição à silagem de milho (Zea mays) em dietas para vacas em lactação*. 2001. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAL, L.S. et al. Cana de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.35, p.591-599, 2006.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Cana de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.1292-1302, 2004.
- MANZANO, A.; BARBOSA, P.F; ALENCAR, M.M. et al. Influência da suplementação sobre o peso a puberdade e as idades à puberdade e aos trezentos quilos de fêmeas da raça Canchim. *Rev. Soc. Bras.*,v.22, n.2, p.341-349, 1993.
- McDOWELL, L.R. Minerals in animal and human nutrition. San Diego: Academic Press, 1992, 524p.
- McDOWELL, L.R. Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition. San Diego: Academic Press, 1989.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.723-728, 2004a.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.481-492, 2004b.

- MORAES, K.A.K.; VALADARES FILHO, S.C.; MORAES, E.H.B.K. et al. Consumo de novilhas de corte alimentadas com cana de açúcar com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal, SP: SBZ, 2007. CD-ROM.
- MOTA, D.A., OLIVEIRA, M.D.S., DOMINGUES, F.N. et al. Hidrólise da cana de açúcar com cal virgem ou cal hidratada. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.6, p.1186-1190, 2010.
- MOTA, D.A.; OLIVEIRA, M.D.S.; DOMINGUES, F.N. et al. Avaliação da composição bromatológica da cana de açúcar *in natura* submetida ou não à hidrólise com diferentes tipos de cal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., Jaboticabal, SP. *Anais...* Jaboticabal, SP: SBZ, 2007. CD-ROM.
- NFPA. Fire Protection Guide on Hazardous Materials. 7 ed. Boston, Mass, 1978. NIOSH. National Institute for Occupational Health and Safety. International Chemical Safety Card. Calcium Oxide, 1993.
- NUTRIENT REQUIREMENTS OF SMALL RUMINANTS. 1. ed. Washington, D. C.; National Academy, 2006, 362p.
- OLIVEIRA, M. D. S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F. N.; LOPES, A. D.; SILVA, T. M.; MOTA, D. Z. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana de açúcar. *Vet. Not., Uberlândia*, v. 14, n. 1, p. 9-17, jan./jun. 2008.
- OLIVEIRA, M.D.S.; ANDRADE, A.T.; BARBOSA, J.C. et al. Digestibilidade da cana de açúcar hidrolisada, *in natura* e ensilada para bovinos. *Ciência Animal Brasileira*, v.8, n.1, p.41-50, 2007.
- OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA, J.; BOBRICK, R. et al. Efeito da hidrólise com a cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006a. CD-ROM
- OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA, J.; BOBRICK, R. et al. Efeito da hidrólise com a cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade *in vitro* da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006b. CD-ROM
- PANCOTI, C.G. *Cana de açúcar tratada com óxido de cálcio, em diferentes tempos de hidrólise, na alimentação de novilhas Holandês x Zebu*. 2009. 101p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- PATE, F.M. Nutritive value of sugar cane at different stages of maturity. *Trop. Anim. Prod.*, v.2, p.125-142, 1977. Disponível em: www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/tap22/2_2_1.pdf. Acessado em: 11 set. 2006.
- PINA, D.S. *Avaliação nutricional da cana de açúcar acrescida de óxido de cálcio em diferentes tempos de armazenamento para bovinos*. 2008. 103p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PIRES, A.J.V., CARVALHO, G.G.P., RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.192-203, 2010 (supl. Especial).
- PIRES, A. J. V.; REIS, R. A.; CARVALHO, G. G. P. et al. Bagaço de cana de açúcar tratado com hidróxido de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.953-957, 2006 (supl.).

PONTES, R.A.M. *Cana de açúcar in natura ou ensilada com óxido de cálcio e ureia em dietas de ovinos*. 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RABELO, F. H. S.; SALVADOR, F. M.; REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; LIMA, J. F.; COSTA, A. P.; LEITE, R. F. Efeito da hidrólise da cana de açúcar com óxido de cálcio sobre a degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009. Maringá. *Anais ...* Maringá: SBZ, 2009. CDROM.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dez variedades de cana de açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42, Goiânia, GO. *Anais...* Goiânia, GO: SBZ, 2005. CD-ROM.

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana de açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: SBZ; FEALQ, 2001. p.1111-1113.

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

RUSSELL, J. B., O'CONNOR, J. D., FOX, D. G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.

SALVIANO, L.M.C. e VITTI, D.M.S.S. Influência da proporção de cálcio e fósforo na dieta, nas perdas endógenas e na absorção de fósforo em ovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.33, n.3, p.349-355, 1998.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B. et al. Avaliação de constituintes da parede celular de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) in natura tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: SBZ, 2006. CD-ROM.

SCHMIDT, P. *Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana de açúcar*. 2006. 228p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba.

SFORCINI, M.P.R.; OLIVEIRA, M.D.S; MISSIO, R.L. et al. Cana de açúcar submetida à hidrólise com diferentes doses de cal virgem e tamanhos de partículas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010a. CD-ROM

SFORCINI, M.P.R.; MISSIO, R.L.; OLIVEIRA, M.D.S. et al. Análise econômica da alimentação de novilhas Nelore com cana de açúcar hidrolisada submetida a diferentes tempos de armazenamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010b. CD-ROM

SOUZA, D.P. *Desempenho, síntese de proteínas microbianas e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar e caroço de algodão ou silagem de milho*. 2003. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

TEIXEIRA, C.B. *Determinantes de degradabilidade entre clones de cana de açúcar no rúmen de bovinos*. 2004. 70f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

TEIXEIRA JÚNIOR, D. J.; OLIVEIRA, M. D. S.; MOTA, D. A. et al. Efeito da cal virgem (óxido de cálcio) como agente hidrolisante sobre a composição bromatológica da cana de açúcar após 24 horas de tratamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal. Anais... Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.

TROEH, F. R., L.M. THOMPSON. *Soils and Soil Fertility*. Oxford Univ. Press, NY, p. 149-153, 253-257, 1993.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES K.A.; S.C.; ROCHA Jr, V.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VALVASORI, E.; LAVEZZO, W.; LUCCI, C.S. et al. Degradação ruminal e digestibilidade em ruminantes alimentados com cana de açúcar como substituto da silagem de milho. *Bol. Ind. Anim.*, v.59, p.31-43, 2002.

VAN SOEST, P.J. *Nutricional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1994. 476p.

VILELA, M.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Avaliação de diferentes suplementos para vacas mestiças em lactação alimentadas com cana de açúcar: desempenho e digestibilidade. *Rev. Bras. Zootec.*, v.32, p.768-777, 2003.

VITTI, D. M. S. S.; ROQUE, A. P.; DIAS, R. S. et al. Metabolismo de cálcio em ovinos em crescimento sob suplementação com diferentes fontes de cálcio: aplicação e comparação de dois modelos matemáticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.6, p.2487-2495, 2006

Capítulo 2

Composição químico-bromatológica, consumo e digestibilidade aparente de dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio em vacas em lactação Holandês x Gir

Chemical and bromatologic composition of diets containing sugarcane treated or not with calcium oxide, and its intake and apparent digestibility in Holstein x Gyr lactating dairy cows

RESUMO

Avaliaram-se a composição químico-bromatológica e o valor nutritivo (considerando-se consumo voluntário e digestibilidade dos nutrientes) de dietas à base de cana de açúcar e tratadas ou não com óxido de cálcio (CaO) e oferecidas a vacas Holandês x Gir em lactação. As dietas continham os seguintes níveis de inclusão de CaO na MN: 0%, 0,5%; 1,0% e 2,0%, sendo a cana tratada fornecida após 24h. O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão. Realizaram-se três períodos de avaliação, com três repetições por tratamento, totalizando 12 animais em cada período. A adição de CaO, em diferentes níveis de inclusão, não alterou os teores de EE, FDN, FDNcp, FDA, Lig, Cel, HCel, PB e P nas dietas. Contudo, à medida que os níveis de inclusão do CaO aumentaram, reduziu-se o consumo da maioria dos nutrientes (CMS, CMS%PV, CMO, CMO%PV, CFDN, CFDN%PV, CFDNcp, CFDNcp%PV, CFDA, CLig, C Cel, CPB, CEE, CP). Ao contrário, observou-se aumento do consumo de cálcio com o aumento de proporção de CaO nas dietas. A adição de CaO causou redução da digestibilidade da MS, MO e da FDA mas não alterou a digestibilidade da FDN e da FDNcp. Concluindo, a adição de CaO (0,5 a 2,0% da MN) a dietas à base de cana de açúcar oferecidas a vacas em lactação não é recomendada devido à redução do consumo e da digestibilidade de nutrientes.

Palavras-Chave: álcali, bovino, hidrólise, *Sacharum officinarum*

ABSTRACT

Sugarcane-based diets containing different levels (0%, 0.5%; 1.0% e 2.0% in as-fed diet) of calcium oxide (CaO) were offered to Holstein x Gyr lactating dairy cows. The diets were evaluated with regard to chemical and bromatological composition as well as nutritional value (considering voluntary intake and nutrient digestibility). It was used a switchback design, with three evaluation periods, containing three observations per treatment, in a total of 12 animals per period. The addition of CaO, in different levels of inclusion, did not alterate EE, NDF, NDFap, ADF, Lig, Cel, HCel, CP and P content of the diet. However, as the levels of CaO were enhanced, the intake of the majority of nutrients (DMI, DMI%PV, OMI, OMI%PV, NDFI, NDFI%PV, NDFIap, NDFIap%PV, ADFI, LigI, Cell, CPI, EEI, PI) were reduced. Conversely,

enhancement of calcium intake was observed as the proportion of CaO in the diet was enhanced. Adding CaO to the diet caused reduction of DM, OM and ADF digestibility, but did not alterate NDF and NDFap digestibility. In conclusion, adding CaO (0.5 to 2.0% as-fed) in sugarcane-based diets offered to lactating dairy cows is not recommended due to reduction of intake and nutrient digestibility.

Keywords: *alkali, bovine, hydrolysis, Sacharum officinarum*

1. INTRODUÇÃO

A cana de açúcar tem várias características que justificam sua utilização na alimentação de ruminantes. O alto teor de sacarose, o moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), a alta produção de matéria seca por unidade de área mesmo com baixa frequência de cortes, a simplicidade do cultivo agrônômico, a relativa resistência a pragas e doenças, a facilidade de compra e venda, o caráter semiperene, além de ser uma cultura tradicional entre os produtores rurais brasileiros, são algumas delas.

Os carboidratos estruturais da cana de açúcar são fonte potencial de energia de baixo custo para ruminantes. No entanto, seu potencial como fonte de energia é limitado devido às suas baixas digestibilidade e taxa de degradação, com conseqüente baixo consumo voluntário. Este fato está relacionado, principalmente, com a estrutura da parede celular que protege os nutrientes da digestão microbiana no rúmen.

O principal fator que reduz o consumo voluntário da cana de açúcar é a baixa degradabilidade de sua fibra no rúmen, o que provoca acúmulo de fibra não degradada, limitando o consumo por repleção ruminal. A baixa digestibilidade da FDN da cana de açúcar está relacionada à alta concentração de lignina e a sua ligação com carboidratos fibrosos (hemiceluloses e celulose), o que dificulta a ação de microrganismos ruminais sobre esses carboidratos. Em ruminantes, a fibra é responsável pela grande variação na digestibilidade dos alimentos volumosos, pois na maioria das vezes seu teor apresenta relação negativa com a digestibilidade total da MS (Van Soest, 1994).

Van Soest (1994) observou que o consumo e a eficiência de utilização da energia de determinado alimento variam entre os animais, sendo, portanto, mais fácil o estabelecimento de valores alimentares para a digestibilidade, ou seja, a digestibilidade tem sido utilizada como variável de qualidade, indicando a proporção do alimento que está apta a ser utilizada pelo animal.

Quando a forragem apresenta alto teor de FDN, como as forrageiras cortadas em idades avançadas, ou quando a fibra apresenta baixa digestibilidade, como a da cana de açúcar (Boin et al., 1987), podem-se utilizar substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e a disponibilidade de nutrientes para os animais.

Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcali aumenta sua digestibilidade. O fenômeno mais associado com o tratamento alcalino de volumosos é a solubilização parcial das hemiceluloses, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose (Berger et al., 1980).

O tratamento químico de volumosos tem sido objeto de estudos há muito tempo. Entretanto, até hoje muitas dúvidas são levantadas sobre a eficiência dos aditivos utilizados no que se refere à variação das respostas seja no valor nutritivo dos volumosos tratados, seja no desempenho dos animais alimentados com dietas contendo estes volumosos. Pires et al. (2010) revisaram a literatura abordando os principais e mais utilizados produtos químicos, que são a amônia anidra, a ureia, o hidróxido de sódio e o óxido de cálcio. Os autores verificaram que a amonização (tanto com amônia anidra quanto ureia) tem apresentado resultados mais eficientes no desempenho animal quando comparada ao hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. Entretanto, em relação ao valor nutritivo, tanto o hidróxido de sódio quanto o óxido de cálcio têm apresentado maior eficiência na redução da parede celular e no aumento da digestibilidade de volumosos tratados.

A cal micropulverizada, encontrada nas formas de CaO e Ca(OH)_2 , que apresenta baixos teores de magnésio (Mg), dioxinas e furanos, surge como alternativa segura e de baixo custo. Há produtos certificados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentação animal.

Embora um número cada vez maior de produtores esteja adotando o tratamento da cana de açúcar com a cal micropulverizada na forma de óxido ou de hidróxido de cálcio, existem poucos dados na literatura a respeito da dose a ser utilizada para um efeito significativo sobre o consumo, a qualidade, e o valor nutritivo da cana de açúcar submetida a esse tratamento.

O presente trabalho foi conduzido para determinar a composição químico-bromatológica e o valor nutritivo (consumo voluntário e digestibilidade dos nutrientes) da cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio em diferentes níveis de inclusão, na dieta de vacas em lactação Holandês x Gir.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local

O experimento foi realizado no Campo Experimental fazenda Santa Mônica pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizada na cidade de Valença, na região do Vale do Paraíba, no estado do Rio de Janeiro (RJ).

2.2. Período experimental

O ensaio teve sido dividido em três períodos. Em cada período houve a adaptação dos animais às dietas experimentais e às instalações durante 14 dias, sendo que na segunda fase, composta por cinco dias, foram realizadas as coletas de amostras das dietas oferecidas, sobras de alimento e fezes.

2.3. Animais utilizados e instalações experimentais

Foi realizado ensaio de digestibilidade aparente com doze vacas em lactação, sendo três animais por tratamento em cada período experimental. Para divisão dos animais nos tratamentos foram considerados a homogeneidade em relação à produção de leite, a fase da lactação, a ordem de parto, o peso vivo e o escore corporal.

As vacas em lactação possuíam composição genética 7/8 Holandês x Gir, idade média de 104 meses, peso médio de 486 kg, ordem de parto variando de dois a sete, produção média de leite de 10,4 kg e 71 dias em lactação, no início do experimento.

Os animais foram previamente identificados com brincos numéricos, sendo estes provenientes da própria fazenda. Estes foram mantidos em regime de confinamento, em um único galpão de alvenaria, cuja cobertura era de telhas de amianto e pisos de concreto. Eles foram cabresteados e amarrados aos cochos em sistema tipo “Tiestall”, disponibilizando assim um cocho e um bebedouro (automático) individual. Devido à disposição do curral (norte-sul) os animais recebiam luminosidade por igual. A limpeza dos pisos era realizada três vezes ao dia, fazendo-se a remoção das fezes. Foram pesados no início e término do experimento, sendo todos submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. Todos estavam com as vacinações em dia (aftosa, raiva e brucelose).

2.4. Cana de açúcar, tratamentos e arraçoamento

A variedade da cana de açúcar utilizada no experimento foi a RB 73-9735. O plantio ocorreu em janeiro 2006. A exigência de solo é de mediana fertilidade. Essa variedade possui alta produtividade, estimada em 150t/ha, maturação mediana, florescimento raro, ausência de joçal, com época de colheita de junho a outubro. O experimento foi realizado de agosto a outubro de 2007, sendo utilizado o primeiro corte do canavial. A cana de açúcar utilizada apresentou grau Brix de 22.

O cálculo das dietas experimentais foi feito utilizando os dados de requerimentos nutricionais do NRC (1989). As dietas eram isoproteicas.

Foram avaliadas quatro dietas experimentais contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio.

Os tratamentos foram:

0: Cana de açúcar + concentrado**

0,5: Cana de açúcar + **0,5% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

1,0: Cana de açúcar + **1,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

2,0: Cana de açúcar + **2,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

*Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia.

** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.

Na Tabela 2.1. está a composição dos ingredientes do concentrado utilizado nas dietas experimentais.

Tabela 2.1. Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado

Ingredientes	%
Farelo de Soja	50
Fubá de Milho	42
Mistura de Ureia + Sulfato de amônio (9:1)	5
Mistura Mineral	3

Na Tabela 2.2. estão a composição da mistura mineral e do óxido de cálcio para os microminerais e macrominerais.

Tabela 2.2. Composição mineral do óxido de cálcio e da mistura mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais

	Mistura Mineral	Óxido de Cálcio
Macrominerais (%)	Ca	44,5
	Mg	0,3
	P	2,9
	K	0,05
Microminerais (ppm)	Cu	41
	Zn	73
	Fe	1388
	Mn	128

Ca = cálcio; Mg = magnésio; P = fósforo; K = potássio; Cu = cobre; Mn = manganês; Fe = ferro e Zn = zinco.

A cana de açúcar utilizada era proveniente da propriedade, enquanto a cal utilizada foi fornecida pela empresa Ical Energética.

A cana de açúcar foi finamente moída durante a manhã, em picadeira acoplada ao trator, transportada para as instalações experimentais, pesada e espalhada em piso cimentado em galpão coberto. Adicionava-se o óxido de cálcio (CaO) em porcentagem de 0,5; 1,0 e 2,0% na MN, a seco, sendo o material homogeneizado e armazenado por 24h para ação do agente alcalino. O tratamento sem adição de CaO era fornecido imediatamente aos animais logo após picado.

A dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8h e às 15h, em quantidades suficientes para que houvesse 15% de sobras, havendo assim a necessidade de se realizar o ajuste diário das quantidades oferecidas.

2.5. Procedimentos amostrais e análises laboratoriais

Em cada fase do ensaio de reversão, a dieta oferecida foi amostrada diariamente, antes dos arraçoamentos da manhã e da tarde. As sobras foram pesadas e amostradas diariamente pela manhã, imediatamente antes do primeiro fornecimento da dieta do dia. As coletas de fezes foram realizadas duas vezes por dia, imediatamente após o arraçoamento dos animais (pela manhã e à tarde). Por diferença entre o oferecido e a sobra foi determinado o consumo dos nutrientes.

A produção de matéria seca fecal (MSF) foi estimada utilizando-se o óxido crômico PA (Cr_2O_3), fornecido durante seis dias antes de se iniciar o período de coleta, na dose diária de 12g. Esta última foi dividida em dois fornecimentos, sendo o primeiro feito após a ordenha da manhã e o segundo após a ordenha da tarde, por via oral. O óxido crômico foi pesado em balança analítica e armazenado em envelopes de papel, os quais foram fornecidos aos animais enrolados em uma folha de mangueira, sem a utilização de sonda. A coleta de fezes foi realizada diretamente na ampola retal duas vezes ao dia, após as ordenhas, durante seis dias. A MSF foi calculada da seguinte forma:

$$\text{MSF} = \text{gramas de indicador ingerido} / \text{concentração de indicador na MS fecal}$$

Todas as amostras coletadas do material fresco (oferecido, sobras e fezes) eram identificadas e imediatamente colocadas em estufa de ventilação forçada, com temperatura de 55°C por um período de 72 horas, para realização da pré-secagem das amostras. Após isto, o material foi moído em moinho estacionário “Thomas Wiley”, modelo 4, dotado de peneira com porosidade de 5 mm. Posteriormente as amostras foram novamente moídas em moinhos com peneiras de porosidade de 1mm, e acondicionadas em recipientes plásticos bem fechados, com identificações nas tampas e nas laterais, para a realização de análises posteriores.

Para as amostras de fezes foram feitas amostras compostas para cada animal da seguinte forma: primeiro, com base na análise da pré-secagem a 55°C por 72 horas e moagem a 5 mm, foi feita uma amostra composta representativa para cada animal, a qual continha quantidades iguais das amostras da manhã e da tarde na base da matéria pré-seca.

Para as amostras de sobras também foi feita uma amostra composta para cada animal na base da matéria pré-seca.

Quanto aos alimentos fornecidos, estes também foram amostrados pela manhã e pela tarde e posteriormente foi feita uma amostra composta por período na base da matéria pré-seca.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LAA) da Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Juiz de Fora (MG).

Foram determinados os teores de MS a 105°C, PB, extrato etéreo (EE), cinzas (MM), cinzas insolúveis em detergente neutro, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) nos alimentos, sobras e fezes, de acordo com Silva & Queiroz (2002). Foram determinados os teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), FDA e Lignina, de acordo com Van Soest et al. (1991).

O NDT foi calculado através da equação de Weiss (1999):

$$\text{NDT} = \text{PBD} + \text{FDND}_{\text{cp}} + \text{CSDND} + (2,25 \times \text{EED})$$

Onde D significa digestível.

Para o cálculo dos CSDN, foi utilizada a fórmula proposta por Weiss (1999):

$$\text{CSDN} = 100 - (\% \text{FDN}_{\text{cp}} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$$

A determinação das concentrações de cromo foi realizada nas fezes e no óxido crômico em espectrofotômetro de absorção atômica, conforme método descrito por Willians et al. (1962). Os teores de Ca e P também foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica conforme metodologia de Sawyer et al. (1984).

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram calculados segundo Coelho da Silva e Leão (1979).

2.6. Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão. Foram utilizados quatro tratamentos com três repetições, totalizando 12 animais, em cada período. Foram três períodos de avaliação. As médias foram comparadas pelo teste T de Student ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Foi utilizado para as análises o programa estatístico SAS (2002). Embora a análise de um ensaio de reversão com quatro tratamentos apresente apenas oito graus de liberdade para o erro, o grande controle da variação individual obtido pelos contrastes prognostica o valor reduzido s^2_e , o que contrabalança a fragilidade amostral (Sampaio, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2.3 estão evidenciados os valores de MO, EE, FDN, FDN_{cp}, FDA, Lig, Cel, HCel, PB, Ca, P e Ca/P das dietas experimentais.

Tabela 2.3. Composição química das dietas experimentais, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)

Nutriente	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)			
	0,0	0,5	1,0	2,0
MS*	33,18	33,38	34,52	35,34
MO	88,63	85,30	83,29	80,10
EE	1,40	1,33	1,13	0,98
CSDN	46,13	43,33	42,91	41,22
FDN	33,00	33,90	32,84	32,51
FDNcp	31,75	32,02	30,95	29,92
FDA	23,27	19,53	20,77	19,84
Lig	4,71	3,39	4,03	3,62
Cel	18,57	16,14	16,74	16,22
Hcel	9,72	14,37	12,07	12,67
PB	9,35	8,63	8,30	7,99
Cinzas	11,37	14,70	16,71	19,90
Ca	0,30	1,19	2,01	3,55
P	0,19	0,18	0,20	0,20
Ca/P	1,55	6,58	10,70	19,77

MS = matéria seca, *expresso em porcentagem da matéria natural; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; CSDN = carboidratos solúveis em detergente neutro; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; Lig = ligninas; Cel = celulose; HCel = hemiceluloses; PB = proteína bruta; Ca = cálcio; P= fósforo; Ca/P = relação cálcio e fósforo. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

A cana de açúcar hidrolisada com a cal micropulverizada tem sido foco de vários trabalhos, nos quais os resultados obtidos, quanto aos aspectos nutricionais e produtivos, são variados, principalmente devido à variação na sua composição e na dieta basal utilizada.

A adição de CaO em diferentes níveis de inclusão não alterou os teores de EE, FDN, FDNcp, FDA, Lig, Cel, HCel e P.

A cana de açúcar utilizada no experimento apresentou grau Brix de 22 (a média varia de 17 a 23, segundo Azevêdo et al., 2003), demonstrando ser de ótima qualidade para alimentação animal.

O aumento de inclusão de CaO reduziu o teor de MO nas dietas experimentais e aumentou o teor de cinzas e de MS, como era de se esperar, devido ao aumento no teor de CaO.

Consequentemente, houve aumento da relação Ca e P, que passou de 1,55, no tratamento sem adição de óxido de cálcio, para 19,77, no tratamento com 2,0% de inclusão de CaO.

Pontes (2007) e Pina (2008) também encontraram diminuição nos teores de MO da cana de açúcar tratada com 0,5 e 1% de CaO após o tempo de 24 horas de exposição.

Pancoti (2009) estudou o efeito de diferentes tempos de exposição (zero, 24, 48 e 72 horas) do CaO adicionado em 1% na MN, na cana de açúcar, com níveis de 1% (MN) da mistura de ureia e sulfato de amônio, com relação (9:1). Utilizou-se novilhas Holandês x Zebu, variando de 1/4 a 7/8 de grau de sangue Holandês. Os teores de MM dos tratamentos foram 6,30; 7,70; 8,18 e 8,29%. Observou-se que houve aumento numérico linear destes teores com o avançar do tempo, que constituem os respectivos tratamentos, refletindo nos valores de MO, que foram: 93,70; 92,30; 91,83 e 91,71%, respectivamente. O autor concluiu que provavelmente esse efeito foi devido a perda de nutrientes como de carboidratos solúveis, concentrando a matéria mineral.

A mistura mineral utilizado nas dietas experimentais possui relação Ca e P igual a 1,1 e foi utilizado para diminuir o desbalanceamento dessa relação nas dietas de cana de açúcar com adição de CaO.

Deve-se atentar para a formulação da ração a fim de proporcionar uma dieta equilibrada em minerais, especialmente em relação ao cálcio e ao fósforo. É preciso avaliar a biodisponibilidade do cálcio, assim como o próprio teor que a cana de açúcar apresenta na sua composição, além dos requerimentos nutricionais, de acordo com a categoria e a espécie animal. A cana de açúcar apresenta quantidade considerável de cálcio, porém a quantidade de fósforo é muito baixa (Oliveira et al., 2006a).

O teor de CSDN reduziu com o aumento de inclusão de CaO nas dietas experimentais. A redução dos teores de CSDN podem ter impacto no desempenho animal.

Diferentemente do que foi encontrado na maioria dos trabalhos em que houve adição de CaO na cana de açúcar, no presente estudo, não houve redução dos teores de FDN, FDNcp e FDA.

Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira et al. (2007b), que determinaram a composição bromatológica da variedade IAC 862480 de cana de açúcar, submetida à hidrólise, durante três, seis e nove horas, com zero; 0,5 e 0,6% de cal hidratada. Não houve influência dos níveis de cal nos teores de FDN e de FDA.

Oliveira et al. (2007a) avaliaram o efeito da hidrólise sobre a composição bromatológica da variedade IAC 862480 de cana de açúcar, nos níveis zero; 0,5; 1,0 e 1,5 % de CaO, durante três horas e com dois tamanhos de partícula (0,5 e 1,0 cm). Houve redução nos teores de FDN (40,3 para 36,5) e de FDA (24,1 para 21,6) à medida que a cana foi hidrolisada com níveis crescentes de cal. Segundo os autores, a hidrólise da cana de açúcar, com o nível de 1% de cal, mostrou-se mais interessante do ponto de vista da composição bromatológica.

Teixeira Júnior et al. (2007) estudaram o efeito da hidrólise com CaO sobre a composição bromatológica da cana de açúcar variedade IAC 862480 nos níveis zero; 0,5; 1,0 e 1,5 % de CaO após 24 horas e com dois tamanhos de partícula (0,5 e 1,0 cm). Houve influência dos níveis de cal após 24 horas nos teores de FDN. A medida que a cana foi hidrolisada com

níveis crescentes de cal o teor de FDN reduziu de 42,1 para 34,5%. Os teores de FDA não foram afetados pelos tratamentos e tiveram valores médios de 19,8%.

Sforcini et al. (2010) avaliaram a influência das doses de cal e dos tamanhos de partículas sobre a composição bromatológica da cana de açúcar IAC 862480, nas doses zero; 0,5; 1,0 e 1,5% de cal virgem após 48 horas de armazenamento e com dois tamanhos de partícula (0,5 e 1,0 cm). Houve influência das doses de cal nos teores de MM, FDN, FDA e HCel. A hidrólise da cana de açúcar com até 1,5% de cal, proporciona reduções nos teores de FDN, FDA e HCel.

Valores muito baixos de EE foram encontrados nas dietas experimentais. Preston (1977) relatou que a cana de açúcar apresenta baixíssimas concentrações de proteína e lipídios, sendo que a maior parte destes está presente na casca. Acrescentou que o valor nutricional da cana de açúcar varia com a porção da planta, apresentando valores de 1,04; 0,84 e 0,19% para EE, os quais estão presentes na casca, ponta e nos colmos da planta, respectivamente. Logo, diferentes proporções de folhas e colmos podem afetar o valor nutricional da dieta total com cana de açúcar.

Pontes (2007) encontrou valor de 0,34% de EE na MS na cana de açúcar tratada com 1% de CaO. Valor de 0,40% de EE foi encontrado por Oliveira et al. (2008) na cana de açúcar acrescida de 0,5% de hidróxido de cálcio. Boin et al. (1987) comentam que além da baixa concentração de EE da cana de açúcar, este é em grande parte originário das ceras que recobrem os colmos, as quais são de baixa utilização pelos ruminantes.

A queda na porcentagem de PB observada com o aumento de inclusão de CaO nas dietas experimentais pode ter ocorrido devido ao processo de pré-secagem das amostras. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas. Como as dietas tinham 5% do concentrado de uréia, pode ter ocorrido volatilização, sendo encontrado valores médios de PB abaixo do formulado. E com o aumento de inclusão de CaO, houve redução numérica da porcentagem de PB devido ao aumento da volatilização do nitrogênio.

Campos (2007) analisou o teor de PB, na amostra *in natura* ou pré-seca em dietas de cana de açúcar com ou sem adição de uréia e adição de CaO. Após o descongelamento, a amostra *in natura* foi homogeneizada, sendo pesados dois gramas de amostra, que foram submetidos diretamente à análise de PB, no aparelho macro Kjeldahl. A amostra pré-seca foi descongelada à temperatura ambiente e seca em estufa de ventilação forçada regulada para 65°C por 72h. Após a secagem o material foi moído em moinho, em peneira com malha de 1 mm. Posteriormente foi feita a análise de PB seguindo-se a mesma técnica, utilizando o aparelho macro Kjeldahl. A autora observou que nos tratamentos sem a adição de uréia não houve diferença para os valores de PB nos diferentes processamentos, com ou sem pré-secagem. Nestes tratamentos a PB era constituída basicamente de proteína verdadeira, a qual apresenta pouca ou nenhuma volatilidade à temperatura de pré-secagem. Em contrapartida, nos tratamentos com adição de uréia houve diferença significativa nos teores de PB nos diferentes processamentos. Foi observado maior diferença numérica nos tratamentos com adição de CaO, indicando que nestes tratamentos o nitrogênio, na forma de amônio (após a dissociação da uréia), apresentou maior volatilidade, possivelmente devido ao pH mais elevado na amostra.

Quanto aos teores de Ca, valor de 1,33% de Ca foi encontrado por Campos (2007) ao adicionar 0,6% de CaO à cana de açúcar. Pina (2008) encontrou valores de 1,34 e 2,35% no valor de Ca para a cana de açúcar tratada com 0,5 e 1,0% de CaO respectivamente. Os valores

de fósforo para a cana de açúcar adicionada de 1% de CaO para os tempos de exposição 0; 24; 48 e 72 horas apresentaram a mesma concentração, com o valor médio de 0,04%.

O nível máximo de cálcio recomendado é de 1,5% da MS da dieta (NRC, 2001), sendo este valor anteriormente preconizado como 2,0% (NRC, 1989). As dietas com adição de CaO a partir de 0,5% já estão no limite superior ou superam o máximo de cálcio recomendado pelo NRC (2001).

A porcentagem de P nos tratamentos foi semelhante. A cana de açúcar normalmente apresenta baixos teores de P, sendo necessária a suplementação deste mineral em dietas à base desta forrageira.

Rodrigues et al. (2007) avaliaram os teores de fósforo em nove variedades de cana de açúcar utilizadas na alimentação de ruminantes. O valor médio dos teores de fósforo encontrados pelos autores foi de 0,04%, sendo este valor inferior ao encontrado nos diferentes tratamentos, possivelmente devido ao concentrado das dietas e ao sal mineral.

Sabe-se que somente pequenas quantidades de P são absorvidas no rúmen, omaso e abomaso. Para o NRC (2001) a homeostase do P é predominantemente mantida por reciclagem salivar e excreção fecal, sendo proporcional à quantidade de P consumida e absorvida.

O fósforo também é requerido pelos microrganismos ruminais para digestão da celulose e síntese de proteína microbiana (Van Soest, 1994). Durand e Komisarczuk (1988) recomendaram que o P disponível (fontes dietéticas e reciclagem salivar) no rúmen deveria ser no mínimo 5g/kg de MO digestível para otimizar a degradação de parede celular pelos microrganismos. Nesse experimento os valores de P consumido/kg de MO digestível foram inferiores ao recomendado, 2,70; 2,83; 3,23 e 3,47 respectivamente para os tratamentos com 0, 0,5, 1,0 e 2,0% de inclusão de CaO.

A relação Ca/P foi muito alta nos tratamentos onde houve adição de CaO, variando de 6,58 a 19,77. Existem trabalhos que mostraram que relações entre 1/1 e 8/1 resultaram em desempenhos semelhantes (Lucci, 1997; NRC, 1989). Porém, são necessários mais estudos para avaliação das possíveis conseqüências em animais que recebem dietas com relações tão altas de Ca/P.

De acordo com *Technical Commite on Responses to Nutrients* – TCORN (1991), os bovinos apresentam grande tolerância à ingestão de cálcio em excesso às suas necessidades, desde que os requisitos de fósforo estejam atendidos. No entanto, relações Ca/P superiores a 8/1 podem comprometer o desempenho.

Na Tabela 2.4. estão os valores de consumo dos nutrientes das dietas experimentais.

Tabela 2.4. Consumo de nutrientes de dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio, em kg por vaca por dia ou por % do peso vivo, de vacas em lactação Holandês x Gir

Parâmetro	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				CV (%)
	0,0	0,5	1,0	2,0	
CMS	11,43a	10,41b	9,51b	8,40c	7,2
CMS%PV	2,33a	2,11b	1,97b	1,78c	6,2
CMO	10,14a	8,91b	7,94c	6,72d	6,8
CMO%PV	2,07a	1,80b	1,64c	1,43d	5,7
CCSDN	5,23a	4,54b	4,08b	3,45c	7,5
CFDN	3,53a	3,33a	2,90b	2,56c	7,6
CFN%PV	0,72a	0,67a	0,60b	0,54b	6,8
CFDNcp	3,40a	3,15a	2,73b	2,36c	7,5
CFNcp%PV	0,69a	0,64b	0,56c	0,50d	6,7
CFDA	2,68a	1,91b	1,91b	1,63c	8,4
CLig	0,53a	0,31c	0,38b	0,30d	12,4
CHCel	0,85c	1,42a	0,99b	0,93bc	10,1
CCel	2,14a	1,61b	1,54b	1,33c	8,2
CPB	1,04a	0,86b	0,82b	0,70b	14,3
CEE	0,17a	0,14b	0,12c	0,09d	12,3
CP	0,022a	0,019b	0,019b	0,018b	9,5
CCa	0,054d	0,121c	0,191b	0,307a	2,7

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem pelo teste T de Student ($P < 0,05$). CV = Coeficiente de variação. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN. *As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN. CMS = consumo de matéria seca; CMS%PV = consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo; CMO = consumo de matéria orgânica; CMO%PV = consumo de matéria orgânica em porcentagem do peso vivo; CCSDN = consumo de carboidrato solúvel em detergente neutro; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; CFDN%PV = consumo de fibra em detergente neutro em porcentagem de peso vivo; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CFDN%PV = consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em porcentagem do peso vivo; CFDA = consumo de fibra em detergente ácido; CLig = consumo de lignina; CHCel = consumo de hemiceluloses; CCel = consumo de celulose; CPB; consumo de proteína bruta; CEE = consumo de extrato etéreo; CP = consumo de fósforo; CCa = consumo de cálcio.

O consumo de matéria seca (CMS) é o fator mais importante dentro da nutrição, pois estabelece as quantidades de nutrientes disponíveis para saúde e produção animal (NRC, 2001).

O CMS pode afetar o desempenho animal de forma decisiva, uma vez que determina o total de nutrientes ingeridos, e por consequência, a resposta animal. Na verdade, a

digestibilidade e a utilização dos nutrientes podem ser apenas descrições qualitativas dos alimentos (Van Soest, 1994).

Uma das principais limitações da cana de açúcar nos experimentos de desempenho animal observada é o CMS e de nutrientes. Sendo assim, a cana de açúcar tem sido correlacionada negativamente ao CMS, não apenas pela fração indigestível da fibra, mas também pela baixa taxa de digestão da fibra potencialmente degradável, as quais apresentam elevado efeito de repleção ruminal (Pereira et al., 2000).

A adição de CaO reduziu ($P < 0,05$) o consumo da maioria dos nutrientes (CMS, CMS%PV, CMO, CMO%PV, CCSDN, CFDN, CFDN%PV, CFDNcp, CFDNcp%PV, CFDA, CLig, CHCel, CCEl, CPB, CEE, CP) quando comparada a dieta sem adição de CaO. A redução no consumo foi maior com o aumento dos níveis de inclusão no CaO como pode ser visualizado na Tabela 2.4. O CHCel foi menor no tratamento com cana de açúcar sem adição de CaO. O aumento de inclusão de CaO reduziu o consumo de CHCel. O cálcio teve maior consumo com o aumento do nível de inclusão de CaO.

Pina (2008) avaliou o efeito da inclusão de CaO (0; 0,5 ou 1% na base da MN) e dos tempos de exposição (0 ou três dias) da cana de açúcar à cal sobre o desempenho de novilhas Nelore. Os níveis de cal influenciaram de forma linear decrescente ($P < 0,05$) os consumos de MO, FDNcp, CNF e NDT, como o que ocorreu no presente estudo. O ganho de peso (GMD) também diminuiu, consequência do efeito da mesma sobre o consumo de MO, que reduziu linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de cal. O efeito dos tempos de exposição à cal sobre os consumos de MS, MO, PB e NDT, e o GMD não foi observado. Porém, após três dias de armazenamento, os consumos de EE e FDNcp aumentaram e os de CNF diminuíram ($P < 0,05$). Segundo o autor, o aumento no consumo de FDNcp e a redução do consumo de CNF observados durante o armazenamento da cana de açúcar pode ser devido à fermentação da cana de açúcar ocorrida durante seu armazenamento, o que refletiu na composição química das dietas.

Pancoti (2009) estudou o efeito de diferentes tempos de exposição (zero, 24, 48 e 72 horas) do CaO adicionado em 1% na MN, na cana de açúcar, com níveis de 1% (MN) da mistura de ureia e sulfato de amônio, com relação (9:1). Utilizaram-se novilhas Holandês x Zebu, variando de 1/4 a 7/8 de grau de sangue Holandês. De acordo com os resultados, não houve diferença significativa para a digestibilidade aparente e para nenhuma das formas de se expressar o consumo voluntário de MS, assim como para o CMSD.

No trabalho de Moraes (2006), avaliou-se o efeito da cana de açúcar com zero ou 1,0% de CaO na MN e com três níveis de oferta de concentrado (0; 0,5 e 1,0% do PV) sobre o desempenho de novilhas mestiças. O CMS, expresso em kg/dia, e em porcentagem do peso vivo (CMS%PV), o ganho médio diário (GMD) e o peso vivo final (PVF) dos animais não foram incrementados pelo tratamento da cana de açúcar com CaO.

Trabalhando com ovinos machos da raça Santa Inês e novilhas (Holandês x Zebu), Carvalho (2008) avaliou o consumo nestes animais alimentados em dietas contendo 70% de cana de açúcar (corrigida para 1% na MN da mistura de ureia e sulfato de amônio – 9:1) e 30% de concentrado. A cana de açúcar foi tratada com doses de 0; 0,75; 1,5 e 2,25% na MN de óxido de cálcio, sendo a cana tratada fornecida após 24 horas. Com relação aos ovinos, houve maior consumo ($P < 0,01$) de MS, MO, PB, FDN, CNF e NDT (kg/dia) e de MS, MO, FDN e NDT (%PV) nos tratamentos com a cana de açúcar tratada com CaO em relação à cana de açúcar *in natura*. Segundo o autor, esse resultado pode ser explicado pelo aumento da palatabilidade e por benefícios da hidrólise. Com relação às novilhas, os consumos de MS, MO, EE, FDN, CHOT, CNF e NDT (kg/dia) não foram afetados pela adição do CaO à cana de açúcar, sendo que os

consumos de MO, FDN e NDT diminuiram linearmente com as doses de CaO, semelhante ao encontrado no presente estudo.

Na Tabela 2.5. estão os valores de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (DFDNcp) e da fibra em detergente ácido (DFDA) das dietas experimentais.

Tabela 2.5. Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN), da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (DFDNcp), da fibra em detergente ácido (DFDA), da celulose (DCel) e os nutrientes digestíveis totais (NDT), expressos em porcentagem, de dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em vacas em lactação Holandês x Gir

Parâmetro	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				CV (%)
	0,0	0,5	1,0	2,0	
DMS	77,29a	71,65b	70,65b	67,46b	5,1
DMO	79,17a	74,26b	74,16b	71,96b	4,1
DFDN	46,74a	41,99a	37,80a	39,49a	25,1
DFDNcp	52,33a	43,42a	41,51a	43,56a	13,8
DFDA	52,02a	32,46b	38,07b	28,06b	18,0
DCel	67,67a	51,12ab	53,06ab	40,71b	22,5
NDT	71,00a	64,36b	62,42b	60,09b	5,4

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem pelo teste T de Student ($P < 0,05$). CV= Coeficiente de variação. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arração do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

A adição de CaO reduziu a digestibilidade da MS, da MO e o NDT quando comparada à dieta com cana de açúcar *in natura*. Esta redução podem ter ocorrido devido a perda de CSDN pela fermentação da cana de açúcar ocorrida durante o armazenamento de 24h dos tratamentos com adição de CaO.

A adição de CaO reduziu a digestibilidade da FDA e da Cel. Os diferentes níveis de inclusão de CaO na cana de açúcar não alteraram a digestibilidade da FDN e da FDNcp. Estes resultados contrariam o princípio do tratamento de volumosos com álcali, o qual proporcionaria um incremento da digestibilidade das frações fibrosas.

Trabalhando com ovinos machos da raça Santa Inês e novilhas (Holandês x Zebu), Carvalho (2008) avaliou a digestibilidade nestes animais alimentados com dietas contendo 70% de cana de açúcar (corrigida para 1% na MN da mistura de ureia e sulfato de amônio – 9:1) e 30% de concentrado. A cana de açúcar foi tratada com doses de (0; 0,75; 1,5 e 2,25% na MN)

de CaO, sendo a cana tratada fornecida após 24 horas. Com relação aos ovinos, houve menor digestibilidade da MS e dos CNF nos tratamentos com CaO. Os demais componentes não apresentaram efeito significativo ($P>0,05$). Os coeficientes de digestibilidade da MS, FDN e o teor de NDT associaram-se de forma linear negativa ($P<0,05$) às doses de CaO aplicadas à cana de açúcar. Com relação às novilhas, a digestibilidade da MO, FDNcp, CHOT, CNF e o teor de NDT das dietas não foram afetados. Entretanto o tratamento da cana de açúcar com CaO provocou redução na digestibilidade da MS e PB.

Moraes (2006) observou diminuição na digestibilidade da FDN e na PB com adição à cana de açúcar de 1% de cal após armazenamento por 24 horas, em novilhas (Holandês x Zebu).

Pancoti (2009) estudou o efeito de diferentes tempos de exposição (0, 24, 48 e 72 horas) do CaO adicionado em 1% na MN, na cana de açúcar, com níveis de 1% na MN da mistura de ureia e sulfato de amônio, com relação (9:1). Utilizaram-se novilhas Holandês x Zebu, variando de 1/4 a 7/8 de grau de sangue Holandês. Os diferentes tempos de hidrólise não alteraram a digestibilidade aparente da MS, MO, FDNcp, FDA, Cel, CHOT, CSDN, Ca e P.

Chaudhry (1998a) observaram incremento na DIVMS da palha de aveia tratada com CaO ou NaOH, quando comparada com a palha não tratada. No entanto, o autor alertou para o fato do CaO ser um produto químico de reação lenta, com solubilidade menor que 1%, sendo necessário um tempo maior de reação para apresentar os mesmos efeitos do NaOH. Como no presente trabalho o tempo de hidrólise utilizado foi de 24h no arraçoamento da manhã e de 30h no da tarde, o efeito da adição de CaO à cana de açúcar pode ter sido comprometido pelo baixo tempo de hidrólise.

Diferente do que foi encontrado nesse experimento, Oliveira et al. (2007b), avaliando a DIVMS da cana de açúcar tratada ou não com CaO, mostraram que houve influência dos níveis de cal sobre a DIVMS (63,75 e 60,82%, respectivamente). Houve aumento percentual de 2,93 unidades de DIVMS em favor da hidrólise com 0,5% de CaO. Em virtude da semelhança nas médias dos coeficientes da DIVMS da cana de açúcar hidrolisada com 0,5% e 1,0% de cal, os autores citaram que não há necessidade da hidrólise com o nível de 1,0% de CaO.

Em estudo conduzido por Cavali (2006), adicionando-se doses crescentes de CaO (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%, na MN) na cana de açúcar *in natura*, verificou-se aumento na DIVMS, com valores de 66,9; 70,2; 71,4; 73,4 e 81,0%, respectivamente.

Andrade et al. (2001) estudaram o tratamento da cana de açúcar com NaOH e apresentaram valor de DFDN inferior ao encontrado nesse estudo, sendo de 40,70%.

Os valores de digestibilidade da FDN e da FDA com ovinos foram inferiores aos de Campos (2007) que encontrou valores de 62,89 e 61,23% para a FDNcp e FDA, respectivamente, na cana de açúcar *in natura* acrescida de 1% da mistura ureia e sulfato de amônio (9:1), e valores de 65,12 e 58,98% para a FDNcp e FDA, respectivamente, na dieta com cana de açúcar com 0,6% de CaO acrescida de 0,99% da mistura ureia e sulfato de amônio (9:1).

Oliveira et al. (2008) encontraram valores de digestibilidade *in vitro* para a FDN de 23,09; 23,10 e 26,05% e para a FDA de 18,41; 18,0 e 17,13%, nos níveis de 0; 0,5 e 1,0% de cal hidratada, respectivamente.

Trabalhando com ovinos alimentados com cana de açúcar acrescida de cal (0; 0,5 e 1,0% na base da MN) com tempos de exposição de 0 e 24 horas, Pontes (2007) não observou efeito desses tempos, nem da interação entre os tratamentos sobre o consumo dos nutrientes. A digestibilidade da FDN dentro de cada tempo não foi influenciada ($P>0,05$) pelos níveis de cal.

Contudo, analisando-se os níveis de cal dentro de tempos de armazenamento, constata-se que a digestibilidade da FDN foi melhorada com o nível de 1% da cal na cana armazenada por 24 horas.

Aroeira et al. (1993), trabalhando com bovinos alimentados com 85% de cana de açúcar (acrescida de 1% da mistura ureia e sulfato de amônio), encontraram digestibilidade da FDN e FDA de 39,7 e 34,2%, respectivamente, utilizando 15% de farelo de algodão, e valores de 35,8 e 32,7%, respectivamente, utilizando 15% de farelo de arroz.

Andrade e Pereira (1999) encontraram digestibilidade da FDN de 22,5% em dietas com 65% de cana de açúcar em novilhas holandesas.

Rodrigues et al. (2001), avaliando 18 variedades de cana de açúcar, verificaram diferenças de 12,3 unidades percentuais entre o menor teor de FDN (44,1%), encontrado na variedade IAC 86-2480, e o maior valor de FDN (56,4%), obtido para a variedade IAC 84-1042.

Santos et al. (2006) avaliaram a composição da fração fibrosa da cana de açúcar *in natura* tratada com 0; 0,5; 1,0; e 1,5% de CaO diluído em 40 litros/t de matéria verde (MV) ou aplicado a seco. O aditivo foi efetivo em alterar a composição da parede celular, contudo não houve efeito do modo de aplicação do produto. Os melhores efeitos foram observados com a dose de 1,5% de CaO sobre a variável hemiceluloses.

Independente da forma de aplicação, solução ou pó, Oliveira et al. (2006b) verificaram que a hidrólise da cana de açúcar, com o nível de 0,5% de cal, mostrou-se mais interessante do ponto de vista da digestibilidade dos nutrientes estudados. Isto é interessante para o produtor, que não precisa de equipamentos para a mistura da cal com a água. Entretanto, os autores ressaltaram que a aplicação a seco em grandes quantidades de cana de açúcar picada torna-se limitada, quando feita manualmente (Oliveira et al., 2006a).

A justificativa para o emprego do álcali, como por exemplo o CaO, reside no fato da lignina de gramíneas ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (Van Soest, 1994). Porém, no presente estudo, a adição de CaO não melhorou a digestibilidade das frações fibrosas.

No presente experimento houve redução de consumo de nutrientes, com exceção do Ca e das hemiceluloses. Também houve redução da digestibilidade da MS, MO e FDA, e não alterou a digestibilidade da FDN, contrariando dessa forma o princípio do tratamento de volumosos com álcalis, o qual proporcionaria um incremento no consumo dos nutrientes e um aumento da digestibilidade das frações fibrosas.

4. CONCLUSÕES

A cana de açúcar não deve ser tratada com óxido de cálcio, com níveis de inclusão de 0,5 a 2,0% da MN, pois reduz o consumo e a digestibilidade de dietas à base de cana de açúcar em vacas em lactação Holandês x Gir.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, J. B., FERRARI JUNIOR, E., POSSENTI, R. A. et al. Composição química de genótipos de cana de açúcar em duas idades, para fins de nutrição animal. *Bragantia*, v. 63, n. 3, p. 341-349, 2004.
- ANDRADE, J. B.; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R. A. et al. Seleção de 39 variedades de cana de açúcar para a alimentação animal. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.40, n.4, p.287-296, 2003.
- ANDRADE, J. B.; FERRARI, J.E. e BRAUN, G. Valor nutritivo de cana de açúcar tratada com hidróxido de sódio e acrescida de rolão-de-milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.36, n.10, p.1265-1268, 2001.
- ANDRADE, M.A.F.; PEREIRA, M. N. Performance of Hostein heifers on fresh sugarcane as the only dietary forage. *Journal of Dairy Science*, 82(Suppl. 1): 91, 1999.
- AROEIRA, L. J. M.; SILVEIRA, M. I.;LIZIEIRE, R. S.; MATOS, L. L. Digestibilidade, balanço de nitrogênio e concentração de amônia no rúmen de novilhos mestiços alimentados com cana de açúcar e ureia mais farelos de arroz ou de algodão. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 2, n. 4, p. 552-64, 1993.
- AZEVEDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.;CARNEIRO, P. C. S. et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana de açúcar (*Saccharum spp.*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.
- BERGER, L. L.; KLOPFENSTEIN, T. J.; BRITTON, R. A. Effect of sodium hydroxide treatment on rate of ruminal fiber digestion. *Journal of Animal Science*, v.50, p.745-749, 1994.
- BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana de açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana de açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.2, p.805-850.
- CAMPOS, M. M. *Valor nutritivo da cana de açúcar adicionada ou não com óxido de cálcio com diferentes níveis de ureia em ovinos*. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CARVALHO, G.G.P de. *Cana de açúcar tratada com óxido de cálcio em dietas para ovinos, caprinos, novilhas e vacas em lactação*. 2008. 279p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CAVALI, J. *Cana de açúcar ensilada com óxido de cálcio, capim-elefante ou inoculante bacteriano*. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CHAUDHRY, A. S. In vitro and in sacco digestibility of wheat straw treated with calcium oxide and sodium hydroxide alone or with hydrogen peroxide. *Animal Feed Science and Technology*. v.74, p.299-311, 1998.
- COELHO DA SILVA, J. F.; LEÃO, M. I. Fundamentos de nutrição de ruminantes. Piracicaba: Livro Ceres, 1979, 380p.
- DURAND, M., KOMISARCZUK, S. Influence of major minerals on rumen microbiota. *J. Nutr.*, v.116, p. 249-260, 1988.

- LUCCI, C.S. Nutrição e manejo de bovinos leiteiros. São Paulo: Manole Ltda., 1997. 169p.
- MORAES, K.A.K. *Desempenho produtivo de novilhas de corte alimentadas com cana de açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado*. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- NUTRIENT REQUERIMENTS OF DAIRY CATTLE. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy, 2001, 298p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of the dairy cattle. 6.ed. Washington, D.C., 1989. 158p.
- OLIVEIRA, M. D. S.; SANTOS, J.; DOMINGUES, F. N.; LOPES, A. D.; SILVA, T. M.; MOTA, D. Z. Avaliação da cal hidratada como agente hidrolisante de cana de açúcar. *Vet. Not. Uberlândia*, v. 14, n. 1, p. 9-17, 2008.
- OLIVEIRA, M. D. S.; MOTA, D. A.; DOMINGUES, F. N. et al. Efeito da hidrólise com cal virgem (óxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana de açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007a. CD-ROM
- OLIVEIRA, M. D. S.; ANDRADE, A. T.; BARBOSA, J. C. et al. Digestibilidade da cana de açúcar hidrolisada, in natura e ensilada para bovinos. *Ciência Animal Brasileira*, v.8, n.1, p.41-50, 2007b
- OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA, J.; BOBRICK, R. et al. Efeito da hidrólise com a cal (hidróxido de cálcio) sobre a composição bromatológica da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006a. CD-ROM
- OLIVEIRA, M. D. S.; SHINODA, J.; BOBRICK, R. et al. Efeito da hidrólise com a cal hidratada (hidróxido de cálcio) sobre a digestibilidade in vitro da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006b. CD-ROM
- PANCOTI, C.G. *Cana de açúcar tratada com óxido de cálcio, em diferentes tempos de hidrólise, na alimentação de novilhas Holandês x Zebu*. 2009. 101p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F. et al. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação *in vitro* da cana de açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.
- PIRES, A.J.V., CARVALHO, G.G.P., RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.192-203, 2010 (supl. Especial).
- PINA, D.S. *Avaliação nutricional da cana de açúcar acrescida de óxido de cálcio em diferentes tempos de armazenamento para bovinos*. 2008. 103p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PONTES, R.A.M. *Cana de açúcar in natura ou ensilada com óxido de cálcio e ureia em dietas de ovinos*. 2007. 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. *Tropical Animal Production*, v.2, n.2, p.125-142, 1977.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R. et al. Teores minerais em variedades de cana de açúcar com potencial para alimentação de bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44 Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM.

RODRIGUES, A. A.; CRUZ, G. M.; BATISTA, L. A. R. et al. Qualidade de dezoito variedades de cana de açúcar como alimento para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 2001. p.1111-1113.

SAMPAIO, I. B. M. *Análises estatísticas aplicadas a experimentação animal*. Belo Horizonte: FEP/MVZ, 1998. 221p.

SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B. et al. Avaliação de constituintes da parede celular de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) *in natura* tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM

SAS Institute Inc. SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

SAWYER, D. T., HEINEMAN, W.R., BEEBE, J. M. Chemistry Experiments for Instrumental Methods; John Wiley & Sons: Chichester, 1984.

SFORCINI, M.P.R.; OLIVEIRA, M.D.S; MISSIO, R.L. et al. Cana de açúcar submetida à hidrólise com diferentes doses de cal virgem e tamanhos de partículas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM

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

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

TEIXEIRA JÚNIOR, D. J.; OLIVEIRA, M. D. S.; MOTA, D. A. et al. Efeito da cal virgem (óxido de cálcio) como agente hidrolisante sobre a composição bromatológica da cana de açúcar após 24 horas de tratamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44, Jaboticabal. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007. CD-ROM

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3583-97, 1991.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL 65 NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999, p. 176- 185.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J Agric. Sci.*, v.59, n.3, p.381- 385, 1962.

Capítulo 3

Parâmetros ruminais e dinâmica da fermentação ruminal de dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em fêmeas bovinas leiteiras Holandês x Gir

Ruminal parameters and fermentation dynamics of diets containing sugarcane treated or not with calcium oxide, in Holstein x Gyr dairy cows

RESUMO

Avaliaram-se os parâmetros ruminais, a taxa de passagem da fase líquida e da fase sólida em fêmeas bovinas leiteiras Holandês x Gir recebendo dietas à base de cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio (CaO). Os níveis de inclusão de CaO na MN foram: 0,0%, 1,0% e 2,0%, sendo a cana tratada fornecida após 24h. Utilizaram-se três vacas secas e seis novilhas, fistuladas no rúmen. O experimento foi delineado utilizando-se três quadrados latinos 3x3 com parcela subdividida, com três animais e três tratamentos por quadrado latino. Amostras de fluido ruminal foram coletadas a cada duas horas, por um período total de 24 horas. As estimativas dos parâmetros da cinética de fluxo da fase líquida e sólida foram feitas pelo processo iterativo do algoritmo Marquadt. O procedimento PROC NLIN (SAS, 2002) foi utilizado para ajuste do modelo de Grovum e Willians (1973), para fase líquida, e Dhanoa et al. (1985), para a fase sólida. A adição do CaO aumentou os valores de pH ruminal, que mantiveram-se próximos à neutralidade. Não houve diferença na concentração de N-NH₃ do líquido ruminal, entre as dietas experimentais. As concentrações médias de acetato no rúmen foram semelhantes entre as dietas, porém a proporção molar do acetato no rúmen foi maior nas dietas com adição de CaO quando comparada a dieta sem adição de CaO. As concentrações médias e a proporção molar do propionato no rúmen foram menores nas dietas com adição de CaO. As concentrações médias e as proporções molares do butirato foram maiores apenas no tratamento com inclusão de 1,0% de CaO e foram semelhantes nos tratamentos com 0 ou 2,0% de CaO. As concentrações médias dos ácidos graxos voláteis no rúmen foram semelhantes entre as dietas. A relação acetato:propionato no rúmen foi superior nas dietas com adição de CaO quando comparada a dieta sem adição de CaO. Os valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida foram semelhantes entre as dietas, com exceção da taxa de passagem no ceco e cólon que sofreu aumento linear à medida que a porcentagem de CaO na dieta foi aumentada. A taxa de passagem da fase líquida e a taxa de reciclagem aumentaram linearmente com o aumento do nível de inclusão de CaO nas dietas experimentais e, conseqüentemente, o tempo de reciclagem sofreu redução linear.

Palavras-Chave: ácidos graxos voláteis, bovino, hidrólise, pH, taxa de passagem

ABSTRACT

This experiment evaluated ruminal parameters, liquid and solid passage rates in Holstein x Gyr cattle fed with sugarcane-based diets that were treated or not with calcium oxide (CaO). The CaO percentage in the as-fed diet were 0.0, 1.0 and 2.0%. Three heifers and six cows fitted with rumen cannula were used. Ruminal fluid samples were collected every two hours, for a period of 24 hours. The experiment design used was three latin squares with split-plot (three animals and three treatments per square). The estimates for liquid and solid phases ruminal kinetics were performed using the integrative process of Marquadt algorithm. The PROC NLON procedure (SAS, 2002) was used in order to adjust both the Grovum and Williams (1973) model for liquid phase, and the Dhanoa et al. (1985) model for solid phase. The addition of CaO on diets enhanced the ruminal pH values, which were maintained near the neutral values. No differences were observed in the ruminal fluid N-NH₃ concentration between treatments. The average ruminal acetate concentration were similar among diets, but the molar proportion of ruminal molar acetate were higher in animals treated with diets containing CaO, in comparision to diets without CaO. The average concentrations and the molar proportions of ruminal propionate were lower in animals fed with diets containing CaO in comparision to diets without CaO. The average concentrations and the molar proportions of ruminal butirate were higher only for the 1% CaO treatment, and similar for 0 or 2% CaO treatment. The average concentration of ruminal volatile fatty acids were similar among diets. The ruminal acetate:propionate ratio were higher for the treatments with CaO. The paramenters of solid phase flux dinamics were similar among diets, except for the cecal and colon passage rate, which was linearly enhanced as the percentage of CaO in the diet was enhanced. The liquid phase passage rate and the recycling rate were linearly enhanced as percentage of CaO in the diet was enhanced. Consequently, the recycling period was linearly reduced.

Keywords: bovine, hidrólisis, passage rates, pH, volatile fatty acids

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais limitações da cana de açúcar nos experimentos de desempenho animal é o consumo de matéria seca (CMS) e de nutrientes. Sendo assim, a cana de açúcar tem sido correlacionada negativamente à ingestão de matéria seca, não apenas pela fração indigestível da fibra, mas também pela baixa taxa de digestão da fibra potencialmente degradável, as quais apresentam elevado efeito de repleção ruminal (Pereira et al., 2000).

A taxa na qual a digesta se move ao longo do trato gastrointestinal (TGI), a taxa de fermentação do alimento e a quantidade de MS consumida são os principais fatores que determinam a proporção em que determinado nutriente será digerido, absorvido e utilizado pelo animal (Magalhães et al., 2006).

Neste contexto, os constituintes da fibra das forrageiras são considerados de grande importância, por duas razões principais: a) compreendem a maior fração da MS da planta; b) constituem a fração da planta menos digerida no trato digestivo e a mais lentamente digerida no rúmen (Thiago e Gill, 1992).

A nutrição dos ruminantes tem evoluído de forma significativa nos últimos anos, sendo a avaliação da taxa de passagem dos alimentos uma necessidade dos novos sistemas de predição de desempenho (AFRC, 1995, NRC, 2001) a fim de aperfeiçoar a predição da quantidade de nutrientes disponíveis para os microrganismos e para o hospedeiro. Para avaliar a velocidade com que as dietas, ou seus constituintes, passam pelo trato gastrointestinal, vários indicadores (Udén et al., 1980; Owens e Hanson, 1992) e modelos matemáticos têm sido propostos (Grofum e Willians, 1973; Dhanoa et al., 1985; Mir et al., 1991).

Quando a forragem apresenta alto teor de FDN, como as forrageiras cortadas em idades avançadas, ou quando a fibra apresenta baixa digestibilidade, como a da cana de açúcar (Boin et al., 1987), podem-se utilizar substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e a disponibilidade de nutrientes para os animais. Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcali melhora sua digestibilidade.

Os agentes alcalinizantes como o hidróxido de sódio (NaOH), o hidróxido de cálcio (CaOH_2), a amônia anidra (NH_3) e, mais recentemente, o óxido de cálcio (CaO), são utilizados para melhorar os coeficientes de digestibilidade da porção fibrosa da cana de açúcar e de outras forrageiras (Oliveira et al., 2002), o que pode resultar em maior quantidade de energia para o animal e maior consumo de alimentos.

A ação principal do hidróxido de cálcio (cal hidratada) é a solubilização parcial das hemiceluloses e a ocorrência do fenômeno conhecido como entumescimento alcalino da celulose, que consiste na expansão das moléculas de celulose, causando ruptura das ligações das pontes de hidrogênio, as quais, segundo Jackson (1977), conferem a cristalinidade da celulose. Com isso, ocorre aumento da digestão desta e das hemiceluloses.

A cal micropulverizada é encontrada nas formas de CaO e Ca(OH)_2 e apresenta baixos teores de magnésio (Mg), dioxinas e furanos, surge como alternativa segura e de baixo custo. Já existem produtos certificados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentação animal.

O presente trabalho foi conduzido para determinar os parâmetros ruminais, a taxa de passagem das fases líquida e sólida em fêmeas bovinas Holandês x Gir recebendo dietas à base de cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio em diferentes níveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local

O experimento foi realizado no Campo Experimental fazenda Santa Mônica pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizada na cidade de Valença, na região do Vale do Paraíba, no estado do Rio de Janeiro (RJ).

2.2. Período experimental

O ensaio teve três períodos. Em cada período houve a adaptação dos animais às dietas experimentais e às instalações, composto por 14 dias, enquanto na segunda fase, composta por cinco dias, foram realizadas as coletas.

2.3. Animais utilizados e instalações experimentais

Foram utilizadas três vacas não lactantes e seis novilhas Holandês x Gir, fistuladas no rúmen. Os animais foram previamente identificados com brincos numéricos, sendo estes provenientes da própria fazenda. Estes foram mantidos em regime de confinamento, em um único galpão de alvenaria, cuja cobertura era de telhas de amianto e pisos de concreto. Eles foram cabresteados e amarrados aos cochos em sistema tipo “Tiestall”, disponibilizando assim um cocho e um bebedouro (automático) individual. Devido à disposição do curral (norte-sul) os animais recebiam luminosidade por igual. A limpeza dos pisos era realizada três vezes ao dia, fazendo-se a remoção das fezes. Foram pesados no início e término do experimento, sendo todos submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. Todos estavam com as vacinações em dia (aftosa, raiva e brucelose).

2.4. Cana de açúcar, tratamentos e arraçoamento

A variedade da cana de açúcar utilizada no experimento foi a RB 73-9735. O plantio ocorreu em janeiro 2006. A exigência de solo é de mediana fertilidade. Essa variedade possui alta produtividade, estimada em 150t/ha, maturação mediana, florescimento raro, ausência de joçal, com época de colheita de junho a outubro. O experimento foi realizado de agosto a outubro de 2007, sendo utilizado o primeiro corte do canavial. A cana de açúcar utilizada apresentou grau Brix de 22.

O cálculo das dietas experimentais foi feito utilizando os dados de requerimentos nutricionais do NRC (1989). As dietas eram isoproteicas.

Foram avaliadas três dietas experimentais contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio.

Os tratamentos foram:

0,0: Cana de açúcar + concentrado**

1,0: Cana de açúcar + **1,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

2,0: Cana de açúcar + **2,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

*Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia.

** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN, no momento do arraçoamento.

Na Tabela 3.1. está a composição dos ingredientes do concentrado utilizado nas dietas experimentais.

Tabela 3.1. Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado

Ingredientes	%
Farelo de Soja	50
Fubá de Milho	42
Mistura de Ureia + Sulfato de amônio (9:1)	5
Mistura Mineral	3

Na Tabela 3.2. estão a composição da mistura mineral e do óxido de cálcio em microminerais e macrominerais.

Tabela 3.2. Composição mineral do óxido de cálcio e da mistura mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais

	Mistura Mineral	Óxido de Cálcio	
Macrominerais (%)	Ca	9,6	44,5
	Mg	1,0	0,3
	P	8,7	2,9
	K	0,08	0,05
Microminerais (ppm)	Cu	1254	41
	Zn	423	73
	Fe	5258	1388
	Mn	427	128

Ca = cálcio; Mg = magnésio; P = fósforo; K = potássio; Cu = cobre; Mn = manganês; Fe = ferro e Zn = zinco.

A cana de açúcar utilizada era disponibilizada pela propriedade, enquanto que a cal utilizada foi fornecida pela empresa Ical Energética.

A cana de açúcar foi finamente moída durante a manhã, em picadeira acoplada ao trator, transportada para as instalações experimentais, pesada para avaliar a quantidade da mistura e espalhada em piso cimentado em galpão coberto. Adicionava-se o óxido de cálcio (CaO) em porcentagem de 1 e 2% na MN, à seco, sendo o material homogeneizado, e armazenado por 24h para ação ao agente alcalino e o tratamento sem adição de CaO era fornecido imediatamente aos animais.

Na Tabela 3.3 estão evidenciados os valores de MO, EE, FDN, FDNcp, FDA, Cel, HCel, PB, Ca e P das dietas experimentais.

Tabela 3.3. Composição química das dietas experimentais, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)

Nutriente	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)		
	0,0	1,0	2,0
MS*	33,18	34,52	35,34
MO	88,63	83,29	80,10
EE	1,40	1,13	0,98
CSDN	46,13	42,91	41,22
FDN	33,00	32,84	32,51
FDNcp	31,75	30,95	29,92
FDA	23,27	20,77	19,84
Lig	4,71	4,03	3,62
Cel	18,57	16,74	16,22
Hcel	9,72	12,07	12,67
PB	9,35	8,30	7,99
Cinzas	11,37	16,71	19,90
Ca	0,30	2,01	3,55
P	0,19	0,20	0,20
Ca/P	1,55	10,70	19,77

MS = matéria seca, *expresso em porcentagem da matéria natural; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; CSDN = carboidratos solúveis em detergente neutro; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; Lig = ligninas; Cel = celulose; HCel = hemiceluloses; PB = proteína bruta; Ca = cálcio; P= fósforo; Ca/P = relação cálcio e fósforo. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**, 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**, 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

A dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8h e às 14h, em quantidades suficientes para que houvesse 15% de sobras, havendo assim a necessidade de se realizar o ajuste diário das quantidades oferecidas.

2.5. Procedimentos amostrais e análises laboratoriais

No 15º dia experimental de cada período, as amostras de fluido ruminal foram obtidas por meio de coleta na porção ventral do rúmen, antes da oferta da dieta da manhã (às 8h), sendo este momento considerado o tempo 0. Amostras adicionais foram obtidas nos tempos 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24h após a primeira amostra. Elas foram imediatamente filtradas em gaze dupla e o pH foi mensurado utilizando-se potenciômetro digital. Para se medir a concentração de N-NH₃, 50mL de líquido ruminal foram coletados para cada tempo, sendo

adicionado 1mL de ácido sulfúrico 1:1 em cada amostra. Uma segunda alíquota de 50mL também foi acidificada e usada posteriormente para determinação dos ácidos graxos voláteis (AGVs). Após a acidificação as amostras foram estocadas à -20°C. Ao fim do experimento as amostras foram descongeladas, filtradas e centrifugadas a 30.000 x g a 4°C por 20 minutos. Para determinação do N-NH₃, foi realizada a destilação com KOH 2N. As concentrações dos AGVs foram analisadas usando-se a cromatografia gasosa.

Em cada fase do quadrado latino foram coletadas amostras da cana de açúcar não tratada ou tratada com 1 ou 2% de óxido de cálcio na matéria natural, que foram submetidas à extração à quente com detergente neutro comercial, obtendo, em média, 83,58% de FDN, que, posteriormente, foi complexada com dicromato de sódio (Na₂Cr₂O₇.2H₂O), conforme procedimentos relatados por Úden et al. (1980). Em cada fase experimental foram administrados, via rúmen, 100 g de FDN das respectivas canas de açúcar mordentadas, que apresentaram, em média, 3,06% de cromo na MS). As coletas de fezes foram iniciadas 8 h após a administração do indicador externo, prosseguindo em tempos pré-determinados até 96 h pós-dosificação (0, 6, 12, 18, 24, 36, 48, 60, 72, 84 e 96 h). As amostras foram congeladas e, posteriormente, pré-secadas (55°C, 72 h), moídas (1 mm) e analisadas quanto ao teor de cromo, por espectrofotometria de absorção atômica (Williams et al., 1962), após digestão nitroperclórica (Kimura e Miller, 1957).

Para estimativa dos parâmetros da cinética da fase líquida no rúmen, em cada fase do ensaio de reversão, foram administrados pela manhã, antes do fornecimento das dietas, via fístula ruminal, 10 g do indicador externo Cobalto-EDTA (diluídos em 200 mL de água destilada), obtido em conformidade com os procedimentos relatados por Udén et al. (1980). A concentração de Cobalto foi determinada, conforme realizado por Campos (2005), em amostras de fezes. As coletas foram realizadas nos mesmos horários descritos anteriormente para FDN-mordente. As amostras de fezes foram congeladas e, posteriormente, pré-secadas (55°C, 72 h), moídas (1 mm) e analisadas quanto ao teor de cobalto, por espectrofotometria de absorção atômica (Williams et al., 1962).

2.6. Procedimentos estatísticos

Para a avaliação dos parâmetros ruminais e da cinética ruminal, o delineamento foi três quadrados latinos 3x3 com parcela subdividida, com três animais e três tratamentos por quadrado latino.

Os parâmetros das cinéticas das fases sólida e líquida no rúmen foram estimados para cada vaca pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS... (2002). Para ajuste aos dados das concentrações de cromo e de cobalto nas fezes foram utilizados, respectivamente, o modelo tempo-dependente multicompartimental de Dhanoa et al. (1985) e o modelo tempo-independente biexponencial bicompartimental descrito por Grovum e Williams (1973).

No modelo bicompartimental bi-exponencial de Grovum e Williams (1973), de expressão geral: $Y=A_1e^{-k_1(t-TT)}-A_2e^{-k_2(t-TT)}$, para $t \geq TT$ e $Y = 0$, para $t < TT$, o parâmetro de escala “A” é indefinido do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático. Os parâmetros “k₁” e “k₂” correspondem, respectivamente, às taxas de passagem no rúmen-retículo e no ceco e cólon proximal, enquanto TT refere-se ao tempo de trânsito no omaso e intestinos delgado e grosso, ou, ainda, ao tempo transcorrido desde a dosificação até o primeiro

aparecimento do indicador nas fezes. A concentração fecal do indicador no tempo “t” é definida pela variável dependente Y.

Conforme apresentaram Oliveira et al. (1999), a expressão matemática simplificada do modelo multicompartimental de Dhanoa et al. (1985) é: $Y = A * e^{-k_1 * t} * \exp(-B * e^{-k_2 * t})$, onde A e B são parâmetros de escala, sem definição biológica; e k_1 e k_2 , respectivamente, as taxas de passagem ruminal e pós-ruminal.

Os cálculos dos tempos de retenção ruminal e pós-ruminal, do tempo médio de retenção no TGI (modelos Grovum e Williams, 1973 e Dhanoa et al., 1985) e do tempo de trânsito (modelo de Dhanoa et al., 1985) foram realizados, segundo procedimentos relatados por Lira et al. (2006).

O tempo de reciclagem (TR, em horas) foi calculado como a recíproca da taxa de passagem da fase líquida no rúmen (k). A taxa de reciclagem (TaxaRec, nº de vezes que o *pool* é completamente reciclado a cada 24 horas) foi calculada como 24/TR.

Os efeitos dos níveis de inclusão do óxido de cálcio (0; 1,0 e 2,0%) na matéria natural das dietas sobre os parâmetros das cinéticas de trânsito das fases sólida e líquida foram avaliados por meio de análises de regressão linear e quadrática pelo PROC REG do SAS (2002). Efeitos foram considerados significativos quando $P < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3.4. estão os valores de pH ruminal de fêmeas bovinas Holandês x Gir recebendo dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio.

Tabela 3.4. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre o pH ruminal de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias ⁶
	0,0 ³	1,0 ⁴	2,0 ⁵	
0 ¹	6,89	6,99	6,83	6,90a
2	6,41	6,60	6,69	6,57bc
4	6,65	6,74	6,77	6,72ab
6 ²	6,76	6,84	6,85	6,82a
8	6,37	6,73	6,62	6,57bc
10	6,35	6,62	6,60	6,52bc
12	6,45	6,69	6,66	6,60bc
14	6,51	6,84	6,81	6,72ab
16	6,66	6,86	6,88	6,80a
18	6,78	6,97	6,88	6,88a
20	6,94	7,00	6,96	6,97a
22	6,83	6,97	6,94	6,91a
Médias (EPM)	6,63B (0,022)	6,82A (0,022)	6,79A (0,022)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

^{3,4,5}Erro-padrão da média (EPM) = 0,077

⁶EPM = 0,044

0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**;
2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arração do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN. *As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

A adição do CaO aumentou os valores de pH ruminal, sendo que os valores mantiveram-se próximos à neutralidade.

O pH mais elevado encontrado para as diferentes dietas que tiveram inclusão de CaO se deve, provavelmente, ao fato do CaO ser um agente alcalino, contribuindo para elevação do pH.

Bezerra et al. (2008) avaliaram o pH ruminal de vacas alimentadas com cana de açúcar com diferentes doses de cal hidratada (0, 80, 160 e 240 g/kg de matéria natural da cana de açúcar), nos tempos 0 a 12 horas após o fornecimento das dietas experimentais. Neste estudo, o maior valor de pH encontrado foi de 7,22 na dose de 240g/kg no tempo zero, e isto indica que o fornecimento da cal hidratada dificilmente acarretaria problema de pH alcalino no rúmen, o que também não ocorreu no presente estudo.

Na literatura é observado que dietas à base de cana de açúcar normalmente já apresentam valores de pH elevado, próximo a neutralidade, como o encontrado no tratamento sem adição de CaO que teve o valor médio de pH igual a 6,63.

Ludovico e Mattos (1994) observaram que em dietas à base de cana de açúcar suplementadas com diferentes níveis de semente de algodão, o pH no fluido ruminal variou de 7,02 a 7,50.

Pereira et al. (1996) obtiveram valores médios de pH de 7,44 para a dieta constituída de cana mais ureia, e 6,48 para cana mais ureia e concentrado, valor próximo ao encontrado nesse experimento.

Aroeira et al. (1993) encontraram valores semelhantes de pH ruminal, em novilhos alimentados com cana de açúcar e ureia, suplementados com farelo de arroz ou de algodão, sendo que os valores de pH ruminal não diferiram entre os tratamentos, foram observados valores médios de 6,50.

Franzolin et al. (2000) avaliaram o aumento de inclusão de cana de açúcar em substituição à silagem de milho em ovinos. O pH do rúmen aumentou linearmente com o incremento de cana de açúcar nas rações. O valor do pH ruminal dos animais alimentados com dieta à base de cana de açúcar foi de 6,9. Segundo os autores, o pH elevado seria resultante de insalivação mais abundante nas dietas com cana de açúcar, em virtude de maior tempo despendido com a mastigação e a ruminação das rações.

Lopes et al. (2002) encontraram pH semelhante ao observado neste experimento, igual a 6,6, em ovinos após duas horas do fornecimento da dieta contendo cana de açúcar adicionada de 1% da mistura de ureia e sulfato de amônio (9:1). Resultados semelhantes também foram obtidos por Carmo et al. (2001), que verificaram pH igual a 6,9, trabalhando com bovinos.

Vários fatores afetam a degradação da fração fibrosa dos volumosos utilizados na alimentação dos ruminantes. Fatores químicos foram discutidos por Hoover (1986), segundo o qual o decréscimo no pH ruminal parece ser o principal responsável pela redução na degradação da fibra. Uma queda no pH ruminal para aproximadamente 6,0 causa pequena redução na digestão da fibra, valor este que não foi encontrado em nenhum tempo de avaliação das dietas experimentais. Entretanto, quando o pH cai para 5,5 ou 5,0, o crescimento dos microorganismos celulolíticos e a digestão da fibra podem ser completamente inibidos.

Na Tabela 3.5. estão os valores de nitrogênio amoniacal (mg/dL) no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir recebendo dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio.

Tabela 3.5. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração de nitrogênio amoniacal (mg/dL) no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias ⁶
	0,0 ³	1,0 ⁴	2,0 ⁵	
0 ¹	16,2	13,0	15,2	14,8a
2	16,7	14,2	13,1	14,7a
4	11,4	10,8	10,0	10,8b
6 ²	9,6	9,8	9,8	9,7b
8	17,4	17,5	15,4	16,8a
10	14,2	13,0	12,0	13,1ab
12	10,9	12,0	10,3	11,0b
14	9,4	10,7	9,8	10,0b
16	8,9	10,3	10,6	10,0b
18	9,6	10,3	10,8	10,2b
20	10,0	11,0	11,2	10,7b
22	10,2	11,9	12,0	11,4b
Médias (EPM)	12,0A (0,37)	12,0A (0,37)	11,7A (0,37)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

^{3,4,5}Erro-padrão da média (EPM) = 1,29

⁶EPM = 0,74

0,0: Cana de açúcar + concentrado^{**}; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado^{**}; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado^{**}. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arração do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

Não houve diferença para concentração de N-NH₃ do líquido ruminal, entre as dietas experimentais. Os valores médios obtidos antes da alimentação, foram superiores ao valor mínimo de 5,0 mg/dL, recomendado por Satter e Slyter (1974) para máximo crescimento microbiano. Os valores médios de N-NH₃, no momento das alimentações e após duas horas, encontram-se dentro da faixa de 15,0 a 20,0 mg/dL, recomendada por Leng e Nolan (1984).

Mudanças no ambiente ruminal podem ocasionar grande variação na concentração de amônia. Este fato talvez tenha influência sobre a proporção com que a amônia será absorvida pelos microorganismos, afetando assim a produção microbiana (Smith, 1979, citado por Hoover, 1986).

Aroeira et al. (1993) encontraram concentrações médias de amônia no fluido ruminal de bovinos alimentados com cana de açúcar, suplementados com farelo de algodão de 23,6 mg/dL, enquanto os suplementados com farelo de arroz apresentaram concentrações de 16,6 mg/dL. Ludovico e Mattos (1994) também encontraram valores semelhantes ao desse experimento, estudando os parâmetros ruminais em bovinos alimentados com cana de açúcar suplementados com diferentes níveis de semente de algodão. Os autores obtiveram concentrações médias de amônia ruminal variando de 6,9 a 11,2 mg/dL.

Em dietas de cana de açúcar, Pereira et al. (1996) encontraram concentrações médias de amônia de 95 mg/L para cana de açúcar mais ureia e de 115 mg/L de conteúdo de amônia ruminal para cana e ureia mais concentrado.

Nas Tabelas 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 estão os efeitos das dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar dos principais ácidos graxos no rúmen e na tabela 3.10 estão as relações acetato:propionato das dietas.

Tabela 3.6. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar de acetato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Concentração de acetato				
Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0 ¹	21,7 (3,31) ³	24,4 (3,55)	27,2 (3,12)	24,4c (1,92)
2	28,5 (3,31)	36,2 (3,83)	27,5 (3,31)	30,7bc (2,01)
4	32,6 (3,31)	36,8 (3,31)	31,8 (3,31)	33,7b (1,91)
6 ²	31,3 (3,12)	37,7 (3,12)	36,4 (3,12)	35,2bc (1,80)
8	31,5 (3,31)	36,5 (3,54)	36,9 (3,55)	35,0bc (2,00)
10	34,5 (3,55)	44,8 (4,21)	34,9 (3,31)	38,1ab (2,14)
12	30,4 (3,84)	34,8 (3,83)	26,4 (3,83)	30,5bc (2,22)
14	42,0 (3,54)	42,7 (3,12)	39,9 (3,12)	41,5a (1,88)
16	32,2 (3,54)	26,0 (3,55)	31,2 (3,31)	29,8bc (2,00)
18	28,3 (4,69)	29,3 (3,83)	25,4 (4,20)	27,7bc (2,47)
20	32,3 (3,31)	31,5 (3,12)	33,0 (3,12)	32,3bc (1,84)
22	32,4 (3,12)	30,9 (3,12)	32,0 (3,12)	31,8bc (1,80)
Médias (EPM)³	31,5A (1,01)	34,3A (1,02)	31,9A (0,98)	

% molar de acetato				
Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0 ¹	64,5 (1,93)	71,7 (2,06)	67,6 (1,82)	67,9a±1,12
2	58,6 (1,93)	59,1 (2,23)	60,4 (1,93)	59,4b±1,17
4	62,1 (1,93)	59,7 (1,93)	60,0 (1,93)	60,6b±1,11
6 ²	62,8 (1,82)	64,4 (1,82)	64,7 (1,82)	63,9ab±1,05
8	56,0 (1,93)	60,7 (2,06)	58,8 (2,06)	58,5b±1,16
10	56,6 (2,06)	60,4 (2,45)	59,6 (1,93)	58,9b±1,24
12	58,4 (2,24)	61,2 (2,23)	59,1 (2,23)	59,6b±1,29
14	61,8 (2,06)	63,0 (1,82)	66,1 (1,82)	63,6ab±1,10
16	63,6 (2,06)	68,3 (2,06)	65,6 (1,93)	65,8a±1,17
18	63,4 (2,73)	68,0 (2,23)	65,3 (2,44)	65,6a±1,44
20	64,9 (1,93)	69,7 (1,82)	67,6 (1,82)	67,4a±1,07
22	67,2 (1,82)	71,0 (1,82)	69,4 (1,82)	69,2a±1,05
Médias (EPM)³	61,6B (0,59)	64,8A (0,59)	63,7A (0,57)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

³Erro-padrão da média

0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

As concentrações médias de acetato no rúmen foram semelhantes entre as dietas, porém houve influência da adição de CaO na proporção molar do acetato no rúmen, que foi maior nas dietas com adição de CaO quando comparada à dieta em que a cana de açúcar não foi hidrolisada.

A manutenção dos valores de pH acima de 6,0 pode contribuir para manter estável a ação das bactérias celulolíticas (Rabelo et al., 2008). Assim, os valores de ácido acético mantiveram-se estáveis e em concentrações mais elevadas durante a maior parte do dia, indicando bom aproveitamento da porção fibrosa das rações (Tabela 3.6).

Tabela 3.7. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar de propionato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Concentração de propionato				
Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0¹	5,7 (1,27)	4,6 (1,36)	7,2 (1,20)	5,8 c (0,74)
2	11,9 (1,27)	12,3 (1,47)	10,2 (1,27)	11,4ab (0,77)
4	11,9 (1,27)	11,5 (1,27)	10,8 (1,27)	11,4ab (0,73)
6²	10,5 (1,20)	9,8 (1,20)	10,8 (1,20)	10,4b (0,69)
8	15,2 (1,27)	10,2 (1,36)	14,1 (1,36)	13,2ab (0,77)
10	15,7 (1,36)	15,0 (1,62)	12,9 (1,27)	14,5a (0,82)
12	11,4 (1,47)	9,9 (1,47)	8,8 (1,47)	10,0b (0,85)
14	15,2 (1,36)	11,3 (1,20)	11,7 (1,20)	12,7ab (0,72)
16	11,0 (1,36)	6,0 (1,36)	8,6 (1,27)	8,6bc (0,77)
18	9,0 (1,80)	6,6 (1,47)	6,5 (1,61)	7,4bc (0,95)
20	10,1 (1,27)	7,0 (1,20)	8,8 (1,20)	8,6bc (0,71)
22	9,4 (1,20)	7,0 (1,20)	8,1 (1,20)	8,2bc (0,69)
Médias (EPM)³	11,4A (0,39)	9,27B (0,39)	9,87B (0,37)	
% molar de propionato				
Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0¹	18,8 (1,13)	14,3 (1,21)	18,0 (1,06)	17,0c (0,65)
2	24,3 (1,13)	20,3 (1,30)	21,6 (1,13)	22,1a (0,69)
4	22,3 (1,13)	18,4 (1,13)	20,4 (1,13)	20,4ab (0,65)
6²	21,2 (1,06)	16,6 (1,06)	19,1 (1,06)	19,0bc (0,61)
8	26,5 (1,13)	17,1 (1,21)	22,2 (1,21)	21,9a (0,68)
10	25,0 (1,21)	20,0 (1,43)	22,5 (1,13)	22,5a (0,73)
12	22,0 (1,31)	17,0 (1,31)	20,1 (1,30)	19,7abc (0,76)
14	23,6 (1,21)	16,2 (1,06)	19,2 (1,06)	19,7abc (0,64)
16	22,5 (1,21)	15,2 (1,21)	17,7 (1,13)	18,5bc (0,68)
18	21,9 (1,60)	15,3 (1,31)	17,8 (1,43)	18,4bc (0,84)
20	20,3 (1,13)	15,0 (1,06)	17,8 (1,06)	17,7bc (0,63)
22	19,1 (1,06)	15,1 (1,06)	17,3 (1,06)	17,2c (0,61)
Médias (EPM)³	22,3A (0,34)	16,7C (0,35)	19,5B (0,33)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

³Erro-padrão da média

0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

As concentrações médias de propionato e a proporção molar do propionato no rúmen foram menores nas dietas com adição de CaO quando comparada à dieta em que a cana de açúcar não foi hidrolisada.

Tabela 3.8. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) e a proporção molar de butirato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				
Tempo	Concentração de butirato			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0 ¹	4,8 (1,40)	4,4 (1,50)	5,5 (1,32)	4,9d (0,81)
2	7,9 (1,40)	12,5 (1,62)	7,1 (1,40)	9,2abc (0,85)
4	8,1 (1,40)	12,7 (1,40)	9,8 (1,40)	10,2abc (0,81)
6 ²	7,8 (1,32)	11,1 (1,32)	9,2 (1,32)	9,4abc (0,76)
8	9,7 (1,40)	12,9 (1,50)	10,5 (1,50)	11,0a (0,85)
10	11,1 (1,50)	14,6 (1,78)	10,8 (1,40)	12,2a (0,91)
12	10,6 (1,62)	12,4 (1,62)	8,4 (1,62)	10,5a (0,94)
14	9,8 (1,50)	14,5 (1,32)	9,0 (1,32)	11,1a (0,80)
16	7,0 (1,50)	6,5 (1,50)	8,1 (1,40)	7,2abcd (0,85)
18	5,9 (1,98)	7,1 (1,62)	8,0 (1,78)	7,0abcd (1,04)
20	7,0 (1,40)	7,5 (1,32)	6,9 (1,32)	7,1abcd (0,78)
22	6,7 (1,32)	6,4 (1,32)	6,3 (1,32)	6,4d (0,76)
Médias (EPM)³	8,0A (0,43)	10,2B (0,43)	8,3A (0,42)	

Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				
Tempo	% molar de butirato			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0 ¹	16,7 (2,18)	14,0 (2,33)	14,6 (2,05)	15,1ab (1,26)
2	17,1 (2,18)	20,6 (2,52)	17,9 (2,18)	18,5ab (1,33)
4	15,6 (2,18)	21,8 (2,18)	19,6 (2,18)	19,0ab (1,26)
6 ²	16,0 (2,05)	19,0 (2,05)	16,2 (2,05)	17,1ab (1,18)
8	17,5 (2,18)	22,2 (2,33)	19,0 (2,33)	19,6a (1,32)
10	18,4 (2,33)	19,6 (2,77)	17,8 (2,18)	18,6ab (1,41)
12	19,6 (2,53)	21,8 (2,52)	20,8 (2,52)	20,7a (1,46)
14	14,6 (2,33)	20,8 (2,05)	14,6 (2,05)	16,7ab (1,24)
16	13,9 (2,33)	16,4 (2,33)	16,7 (2,18)	15,7ab (1,32)
18	14,7 (3,08)	16,6 (2,52)	16,9 (2,76)	16,1ab (1,62)
20	14,7 (2,18)	15,3 (2,05)	14,5 (2,05)	14,8ab (1,21)
22	13,8 (2,05)	13,8 (2,05)	13,4 (2,05)	13,6b (1,18)
Médias (EPM)³	16,0B (0,67)	18,5A (0,67)	16,8AB (0,64)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

³Erro-padrão da média

0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

Diferentemente dos demais ácidos graxos voláteis analisados, as concentrações médias e as proporções molares do butirato foram superiores no tratamento com inclusão de 1,0% de CaO, sendo semelhantes as médias dos tratamentos com 2,0% de CaO e no tratamento em que a cana de açúcar não foi hidrolisada.

Tabela 3.9. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a concentração (mMol/100 mL) de ácidos graxos voláteis no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0 ¹	32,2 (5,14) ³	33,4 (5,50)	39,9 (4,84)	35,2d (2,98)
2	48,3 (5,14)	60,9 (5,94)	44,8 (5,14)	51,3b (3,13)
4	52,7 (5,14)	61,0 (5,14)	52,4 (5,14)	55,3abc (2,96)
6 ²	49,6 (4,84)	58,7 (4,84)	56,5 (4,84)	54,9abc (2,79)
8	56,4 (5,14)	59,7 (5,49)	61,5 (5,50)	59,2abc (3,10)
10	61,4 (5,50)	74,4 (6,53)	58,6 (5,14)	64,8ab (3,33)
12	52,5 (5,96)	57,1 (5,95)	43,6 (5,94)	51,1b (3,44)
14	67,0 (5,49)	68,5 (4,84)	60,6 (4,84)	65,4a (2,92)
16	50,2 (5,49)	38,5 (5,50)	47,9 (5,14)	45,5cd (3,11)
18	43,2 (7,27)	42,9 (5,95)	39,9 (6,51)	42,0d (3,83)
20	49,4 (5,13)	46,0 (4,84)	48,6 (4,84)	48,0cd (2,85)
22	48,6 (4,84)	44,3 (4,84)	46,4 (4,84)	46,4cd (2,79)
Médias (EPM)³	51,0A (1,57)	53,8A (1,58)	50,1A (1,52)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

³Erro-padrão da média

0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

As concentrações médias dos ácidos graxos voláteis no rúmen foram semelhantes entre as dietas, não havendo influência da adição do CaO nos tratamentos.

De acordo com Owens & Goetsch (1988), a quantidade de ácidos graxos voláteis no fluido ruminal é reflexo da atividade microbiana e da taxa de absorção pela parede ruminal. Esta proporção varia com o tipo de substrato, a ingestão, a frequência de alimentação, a taxa de diluição e a osmolaridade.

Quando os ruminantes são alimentados com dietas ricas em forragens a população microbiana do rúmen geralmente converte os carboidratos fermentados em 60 a 70% de ácido acético, 18 a 22% de ácido propiônico, 13 a 16% de ácido butírico e 2 a 4% de ácido valérico (Teixeira e Teixeira, 2001).

Dias et al. (2010) avaliaram doses de Ca(OH)₂ na cana de açúcar na dieta de vacas por meio da concentração de AGV do líquido ruminal. Os tratamentos compreenderam a inclusão de Ca(OH)₂ nas doses 0, 8, 16 e 24 g por kg de cana de açúcar *in natura*. Houve efeito da adição de Ca(OH)₂ nas concentrações médias de AGV entre os tempos zero hora até 12 horas após o fornecimento da dieta. Os pontos de máxima da dose de Ca(OH)₂ foram: 10,90 g para o ácido acético, 9,52 g para propiônico, 11,26 para o ácido butírico, 10,72 para a concentração total de AGV. Os autores recomendam a inclusão de 10,60 g de Ca(OH)₂ na cana de açúcar, aumentando a concentração de AGV no rúmen.

Tabela 3.10. Efeito de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio sobre a relação acetato:propionato no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tempo	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)			Médias
	0,0	1,0	2,0	
0¹	3,80 (0,25) ³	5,25 (0,27)	3,89 (0,24)	4,31a (0,14)
2	2,45 (0,25)	3,04 (0,29)	2,86 (0,25)	2,78b (0,15)
4	2,81 (0,25)	3,33 (0,25)	2,96 (0,25)	3,03b (0,14)
6²	3,01 (0,24)	4,00 (0,24)	3,41 (0,24)	3,47b (0,14)
8	2,16 (0,25)	3,65 (0,27)	2,73 (0,27)	2,84b (0,15)
10	2,28 (0,27)	3,07 (0,32)	2,70 (0,25)	2,68b (0,16)
12	2,75 (0,29)	3,63 (0,29)	3,01 (0,29)	3,13b (0,17)
14	2,70 (0,27)	3,97 (0,24)	3,47 (0,24)	3,38b (0,14)
16	2,91 (0,27)	4,57 (0,27)	3,80 (0,25)	3,76a (0,15)
18	3,00 (0,35)	4,46 (0,29)	3,77 (0,32)	3,74a (0,19)
20	3,29 (0,25)	4,73 (0,24)	3,87 (0,24)	3,96a (0,14)
22	3,57 (0,24)	4,96 (0,24)	4,15 (0,24)	4,22a (0,14)
Médias (EPM)³	2,89C (0,08)	4,06A (0,08)	3,39B (0,07)	

Valores seguidos por letras maiúsculas distintas na mesma linha e por letras minúsculas distintas na mesma coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

^{1,2}Coleta imediatamente anterior ao fornecimento da alimentação da manhã e da tarde, respectivamente.

³Erro-padrão da média

0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

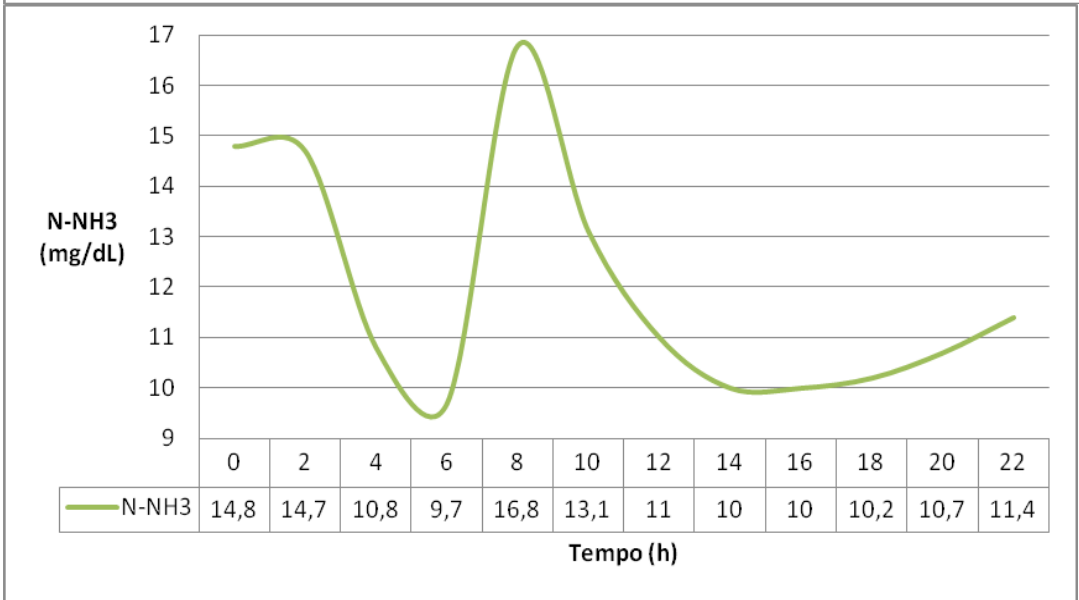
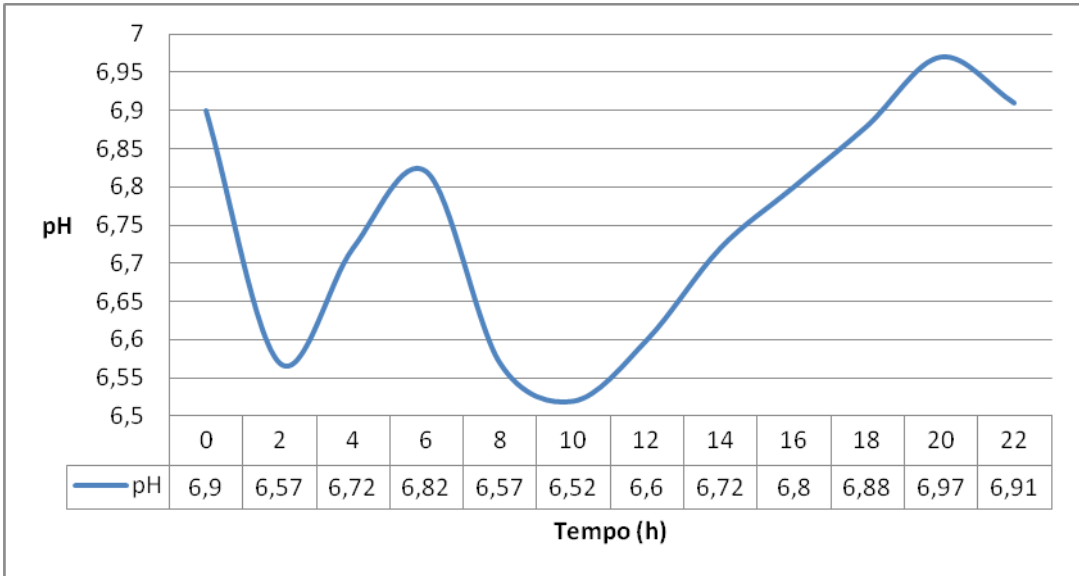
A relação acetato:propionato no rúmen foi superior nas dietas com adição de CaO quando comparada a dieta em que a cana de açúcar não foi hidrolisada. Possivelmente isso ocorreu devido a redução de CSDN nas dietas com adição de CaO (Campos, 2010).

Os produtos da fermentação diferem segundo a composição da ração, porque distintos microrganismos têm maior afinidade e preferências para digerir carboidratos específicos. As rações à base de forragens são ricas em celulose, com teores intermediários de carboidratos solúveis e pobres em amidos e, nesse ambiente, as bactérias celulolíticas e sacarolíticas são mais ativas. Com uma digestão intensa da celulose pelos microrganismos celulolíticos e fermentação dos carboidratos solúveis pelas sacarolíticas, a produção de acetato é elevada. Com rações ricas em amido a população microbiana é principalmente amilolítica, e esses microrganismos competem pelos carboidratos solúveis, pelos produtos finais da hidrólise do amido e da hemicelulose, especialmente com pH mais baixo, e produzem maiores quantidades de propionato (Nussio et al., 2006).

Os ácidos acéticos, propiônico e butírico são os AGVs predominantes e são produzidos principalmente na fermentação de carboidratos provenientes das plantas, tais como celulose, hemicelulose, pectina, amido e açúcares. Comumente, a relação molar de acetato, propionato e butirato varia de 75:15:10 a 40:40:20 (Bergman, 1990).

A proporção molar dos ácidos graxos produzidos no rúmen e a relação proporção C2:C3 são propícias para comparar e prever o valor nutritivo da dieta, em geral quando se diminui a proporção volumoso:concentrado diminui também a C2:C3, ao passo que, as doses de hidróxido de cálcio proporcionaram maiores proporções de acetato, provavelmente estando relacionado com o aumento da digestibilidade da fração fibrosa da cana de açúcar proporcionada pelo hidróxido de cálcio (Dias et al., 2010).

No Gráfico 3.1 estão a variação do pH, do nitrogênio amoniacal e da concentração de ácidos graxos voláteis no rúmen de fêmeas bovinas Holndês x Gir em função do tempo de amostragem (h) e de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio.



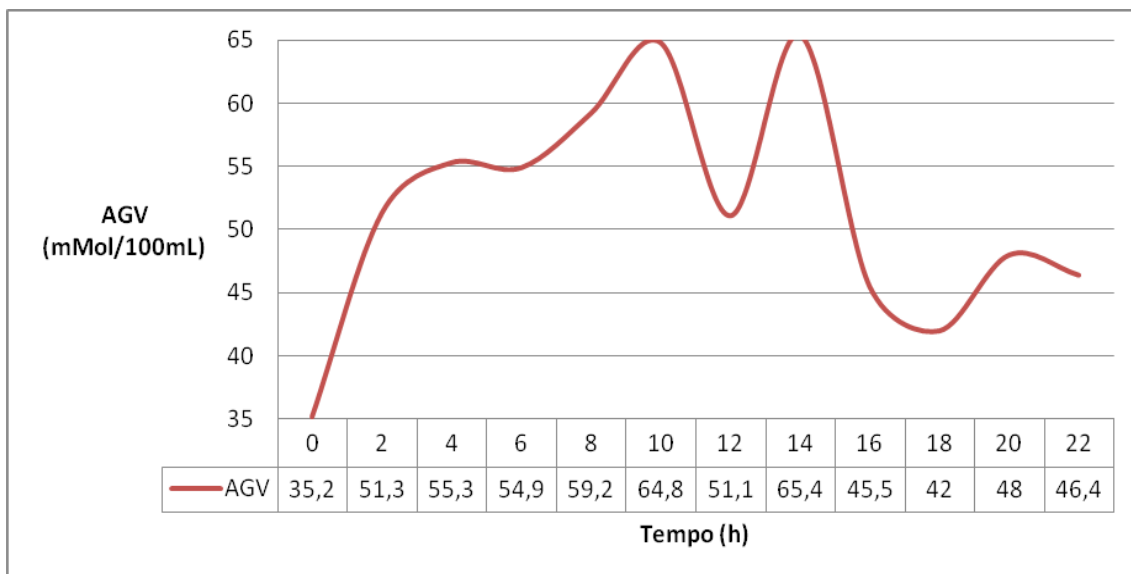


Gráfico 3.1. Variação do pH, do nitrogênio amoniacal e da concentração de ácidos graxos voláteis no rúmen de fêmeas bovinas Holandês x Gir em função do tempo de amostragem (h) e de dietas baseadas em cana de açúcar hidrolisada com níveis crecentes de óxido de cálcio

Não houve efeito dos tratamentos em função dos tempos de amostragem. Houve efeito do tempo de amostragem na variação do pH, do N-NH₃ e da concentração de AGV. As variações foram influenciadas pelo fornecimento das dietas que ocorreram no tempo 0h e 6h. Nos tempos de amostragem logo após o fornecimento das dietas houve redução do pH e aumento do N-NH₃ e da concentração de AGV.

Na Tabela 3.11. estão os valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida das dietas experimentais.

Tabela 3.11. Parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Parâmetro ^a	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)			EPM ^b	Efeito (valor de P)	
	0,0	1,0	2,0		Linear	Quadrático
k ₁ (%/h)	3,82	3,75	3,46	0,19	Ns ^c	Ns
k ₂ (%/h)	6,45	6,54	7,95	0,45	< 0,05	Ns
TT (h)	11,7	12,5	8,8	0,92	Ns	Ns
TRR (h)	27,1	28,7	31,0	1,84	Ns	Ns
TRPOS (h)	15,8	16,2	13,2	0,90	Ns	Ns
TMR (h)	54,7	57,5	53,0	2,01	Ns	Ns

^a Parâmetros estimados a partir do ajuste do modelo de Dhanoa et al. (1985) aos dados de excreção fecal de cromo: k₁ = taxa de passagem no rúmen; k₂ = taxa de passagem no ceco e cólon; TT = tempo de trânsito; TRR = tempo de retenção no rúmen (1/k₁); TRPOS = tempo de retenção no ceco e cólon proximal (1/k₂); e TMR = tempo de retenção no TGI (TT+TRR+TRPOS);. ^b EPM = erro-padrão da média; ^c Ns = não-significativo (P>0,05).

Os parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida foram semelhantes entre as dietas, apenas a taxa de passagem no ceco e cólon foi influenciada pela adição de CaO, aumentando linearmente com o aumento de inclusão de CaO nas dietas experimentais.

Na Tabela 3.12 está a regressão linear obtida dos valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir.

Tabela 3.12. Regressão linear obtida dos valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Variável	Parâmetros das regressões lineares ($\hat{Y} = a + bX$) ¹				
	a*	DP (a)	b*	DP (b)	r ²
k ₂ (%/h)	0,06231	0,00477	0,00748	0,00369	0,1066

¹ \hat{Y} = variável estimada; X = nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural); a = estimativa do intercepto; DP (a) = erro-padrão da estimativa de "a"; b = coeficiente de regressão linear; DP (b) = erro-padrão da estimativa de "b"; r² = coeficiente de determinação. *P<0,05

Segundo Preston e Leng (1978), uma das principais limitações do uso da cana de açúcar e ureia é o baixo consumo alimentar causado por uma baixa taxa de passagem (2,6%/hora), alto tempo de retenção (40,6 horas), que por sua vez são causados por baixa degradabilidade da FDN, manutenção do pH ruminal em níveis altos e constantes, conjugada com o fornecimento de grandes quantidades de carboidratos solúveis, que proporcionam condições favoráveis ao

crescimento de grande número de protozoários com dietas à base de cana de açúcar. Os protozoários ficam seletivamente retidos no rúmen, diminuindo a disponibilidade de proteína não degradável no rúmen e no intestino e aumentando o tempo de retenção da fração fibrosa no rúmen, limitando o consumo.

O valor nutritivo da cana de açúcar é limitado pela baixa taxa de digestão da parede celular, que contribui com pouca energia metabolizável para o animal e também reduz a eficiência de utilização dos açúcares solúveis através do efeito negativo sobre o ecossistema ruminal, devido à baixa taxa de *reciclagem* no rúmen (Preston, 1984).

Ezequiel et al. (2005) encontraram taxas de passagem de 2,6 e 2,7%/hora e tempo de retenção de 40,1 e 37,8 horas, para a cana de açúcar *in natura* e cana de açúcar com 1,5% de NaOH, respectivamente, em bovinos Holandês x Zebu.

Magalhães et al. (2006), trabalhando com cana de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação, verificaram que a cana de açúcar apresentou elevada proporção de fibra indigestível em comparação à silagem de milho, uma vez que o coeficiente de digestibilidade da FDN para a dieta com 100% de cana de açúcar correspondeu a apenas 45,35% do valor obtido para a dieta com 100% de silagem de milho. A baixa digestão da FDN da cana de açúcar pode ter apresentado efeito de repleção ruminal e, conseqüentemente, ter limitado a ingestão de MS. Os autores também observaram que a taxa de passagem ruminal (TPR) decresceu enquanto o tempo médio de retenção total da digesta (TMRT) aumentou linearmente, estimando-se redução de 0,0057 unidades na TPR e aumento de 0,00375 unidades para o TMRT, respectivamente, por unidade percentual de cana de açúcar acrescentada às dietas.

Na Tabela 3.13 estão os valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase líquida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tabela 3.13. Parâmetros da dinâmica de fluxo da fase líquida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Parâmetro	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)			EPM ^b	Efeito (valor de P)	
	0,0	1,0	2,0		Linear	Quadrático
k (%/h)^a	6,45	6,45	8,84	0,66	0,04	Ns ^c
TR (h)	18,3	16,2	12,4	1,66	0,04	Ns
TRec (n^o/24 h)	1,55	1,55	2,12	0,16	0,04	Ns

^ak = taxa fracional de reciclagem da fase líquida no rúmen estimada a partir do ajuste do modelo de Grovum & Willians (1973) aos dados de excreção fecal de cobalto; TR = tempo de reciclagem (1/k); TRec = taxa de reciclagem (24/TR); ^bEPM = Erro-padrão da média; ^cNs = não-significativo (P>0,05)

A taxa fracional de reciclagem da fase líquida e a taxa de reciclagem aumentaram linearmente com o aumento do nível de inclusão de CaO nas dietas experimentais, conseqüentemente o tempo de reciclagem reduziu linearmente. O aumento na taxa fracional de

reciclagem ocorreu, possivelmente, pelo aumento da osmolaridade causado pela inclusão de CaO.

Duque et al. (2008) avaliaram os parâmetros da cinética de trânsito das fases sólida e líquida em vacas Holandês x Zebu no terço médio da lactação (175±20 dias), produzindo de 7,4 a 9,0 kg/dia de leite, recebendo dietas baseadas em combinações de dois alimentos volumosos (cana de açúcar picada ou silagem de milho) com dois suplementos concentrados (fubá de milho ou farelo de trigo). As taxas de passagem ruminais estimadas para a fase líquida das dietas com cana de açúcar foram de 8,39 e 7,07%/h, valores semelhantes aos encontrados neste estudo.

Na Tabela 3.14. estão as regressões lineares obtidas dos valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase líquida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tabela 3.14. Regressões lineares obtidas dos valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase líquida de dietas à base de cana de açúcar e de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Variável	Parâmetros das regressões lineares ($\hat{Y} = a + bX$) ¹				
	a*	DP (a)	b*	DP (b)	r ²
k (%/h)	6,05130	0,73165	1,19611	0,56673	0,1173
TR (h)	18,64481	1,74064	-2,99444	1,34829	0,1314
TRec (nº/24 h)	1,45278	0,17560	0,28722	0,13602	0,1174

k = taxa fracional de reciclagem da fase líquida no rúmen estimada a partir do ajuste do modelo de Grovum & Willians (1973) aos dados de excreção fecal de cobalto; TR = tempo de reciclagem (1/k); TRec = taxa de reciclagem (24/TR) ¹ \hat{Y} = variável estimada; X = nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural); a = estimativa do intercepto; DP (a) = erro-padrão da estimativa de "a"; b = coeficiente de regressão linear; DP (b) = erro-padrão da estimativa de "b"; r² = coeficiente de determinação.

*P<0,05

4. CONCLUSÕES

A adição do CaO nas dietas não melhorou os parâmetros ruminais avaliados, aumentando a relação acetato:propionato. Os valores dos parâmetros da dinâmica de fluxo da fase sólida foram semelhantes entre as dietas. A taxa fracional de reciclagem da fase líquida e a taxa de reciclagem aumentaram linearmente com o aumento do nível de inclusão de CaO nas dietas experimentais e, conseqüentemente, o tempo de reciclagem sofreu redução linear.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRC - AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. Technical committee on responses to nutrients. Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford: CAB International, 1995. 159p.

AROEIRA, L.J.M., SILVEIRA, M.I., LIZIERE, R.S. et al. Digestibilidade, balanço de nitrogênio e concentração de amônia no rúmen de novilhos mestiços alimentados com cana de

açúcar e ureia mais farelo de arroz ou de algodão. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.22, n.6, p.93-901, 1993.

BERGMAN, E.N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, p.70-567, 1990.

BEZERRA, F.S.; ÍTAVO, L.C.V.; DIAS, A.M. pH ruminal de vacas alimentadas com cana de açúcar com diferentes níveis de cal hidratada. In: 45º Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras, MG. 2008. *Anais...* 45º Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, CD ROOM, 2008.

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

CARMO, C. A.; BERCHIELLI, T. T.; ANDRADE, P. 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*, v.30, n.6, p.2126-2133, 2001.

DIAS, A.M.; ÍTAVO, L.C.V.; DAMASCENO, J.C. et al. Concentração de ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com dietas contendo cana de açúcar tratada com hidróxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM

DHANOVA, M.S.; SIDDON, R.C.; FRANCE, J. et al. A multicompartimental model to describe marker excretion patterns in ruminant faeces. *Br. J. Nutr.* v.53, p.663-671, 1985.

DUQUE, A.C.A., FONKEN, B.C.J., LOPES F.C.F. et al. Cinética de trânsito das fases líquida e sólida de dietas baseadas em cana de açúcar ou silagem de milho suplementadas com concentrados e fornecidas para vacas Holandês x Zebu em lactação. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras. *Anais...* Lavras: SBZ, 2008. CD-ROM.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L.; et al. Processamento da cana de açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

FRANZOLIN, M. H. T.; LUCCI C. S.; FRANZOLIN. Efeitos de rações com níveis crescentes de cana de açúcar em substituição à silagem de milho sobre a população de protozoários ciliados no rúmen de ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1452-1457, 2000

GROVUM, W.L.; WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4.* Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.*, v.30, p.313-329, 1973.

HOOVER, W.H.. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.

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

KIMURA, F.T.; MILLER, V.L. Chromic Oxide Measurement, Improved Determination of Chromic Oxide in Cow Feed and Feces. *J. Agric. Food Chem.*, v.5, n.3, p.216, 1957.

LENG, R.A.; NOLAN, J.V. Nitrogen-metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, v.67, n.5, p.1072-1089, 1984.

- LIRA, V. M. C.; PEREIRA, J. C.; VIEIRA, R. A. M. et al. Avaliação de marcadores e modelos matemáticos para o estudo das cinéticas de trânsito e degradação ruminal em novilhos mantidos em pastagem de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.). *Rev. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 3, p. 902-913, 2006.
- LOPES, F.C.F., AROEIRA, L.J.M., ARCURI, P.B. et al. Efeitos da defaunação em ovinos alimentados com cana de açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) adicionada de ureia. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.54, n.2, p. 180-188, 2002.
- LUDOVICO, A., MATTOS, W.R.S. Parâmetros ruminais de bovinos recebendo dietas à base de cana de açúcar (*Saccharum officinarum*) e diferentes níveis de semente de algodão (*Gossypium hirsutum*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. *Anais...* Maringá, 1994. p.495.
- MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S. et al. Cana de açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.591-599, 2006.
- MIR, P.S.; MIR, Z.; HALL, J.W. Relationships among rate of passage of feed, dry matter intake and chemical components of several diets. *Can. J. Anim. Sci.*, v.71, p.1159-1166, 1991.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrients requirements of dairy cattle*. 7ed. Washington, D.C. National Academy Press. 2001. 380p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of the dairy cattle*. 6.ed. Washington, D.C., 1989. 158p.
- NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; LIMA, M.L.M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: BERCHIELLI, T.T. et al. (Eds.) *Nutrição de Ruminantes*, Jaboticabal: Funep, 2006, p.183-228.
- OLIVEIRA, M. D. S.; QUEIROZ, M. A. A.; CALDEIRÃO, E. et al. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.). *Ars. Veterinária*, v.18, n.2, p.167-173, 2002.
- OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. (Ed.). *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliffs: Simon & Schuster, 1988. p.145-171.
- OWENS, F.N.; HANSON, C.F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *J. Dairy Sci.*, v.75, p.2605-2617, 1992.
- PEREIRA, E. S.; QUEIROZ, A. C.; PAULINO, M. F. et al. Determinação das frações protéicas e de carboidratos e taxas de degradação in vitro da cana de açúcar, da cama de frango e do farelo de algodão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.6, p.1887-1893, 2000.
- PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C., GARCIA, R. 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. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.25, n.4, p.763-777, 1996.
- PRESTON, T.R. The use of sugar cane and by products for livestock. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 1984. p.101-122.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos. *Revista Mundial de Zootecnia*, n.27, p.7-12, 1978.

RABELO, M.M.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. Digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais de bovinos de corte alimentados com rações contendo bagaço de cana de açúcar obtido pelo método de extração por difusão ou por moagem convencional. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.9, p.1696-1703, 2008.

SAS Institute Inc. SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

TEIXEIRA, J.C.; TEIXEIRA, L.F.A.C. Princípios de nutrição de bovinos leiteiros. Textos acadêmicos, Lavras:UFLA/FAEP, 2001. 245p.

THIAGO, L.R.L., GILL, M., SISSONS, J.W. Studies of conserving grass herbage and frequency of feeding in cattle. *Br. J. Nutr.*, v.67, n.3, p.339-336, 1992.

UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *J. Sci. Food. Agric.*, v.31, p.625-632, 1980.

WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agriculture Science*, v.59, n.3, p.381-385, 1962.

Capítulo 4

Degradabilidade *in situ* da cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio, em novilhas leiteiras Holandês x Gir

In situ degradability of sugarcane treated or not with calcium oxide in Holstein x Gyr dairy heifers

RESUMO

Avaliou-se a degradabilidade *in situ* da cana de açúcar *in natura* ou tratada com óxido de cálcio em diferentes níveis de inclusão na MN (0,5; 1,0 e 2,0%), sendo a cana tratada fornecida após 24h, em novilhas leiteiras Holandês x Gir. Foram utilizadas cinco novilhas fistuladas no rúmen, em delineamento com blocos ao acaso com parcela subdividida. A degradabilidade potencial e efetiva, e as taxas de degradação da MS e da MO aumentaram linearmente com o aumento de inclusão de CaO. A comparação entre os tratamentos não apontou diferença entre as degradabilidades potencial e efetiva, e as taxas de degradação de FDN e FDA. O aumento do nível de inclusão de CaO em dietas à base de cana de açúcar aumenta linearmente a degradabilidade *in situ* da MS e da MO e não altera a degradabilidade *in situ* das frações fibrosas, em novilhas leiteiras Holandês x Gir.

Palavras-Chave: álcali, bovino, hidrólise

ABSTRACT

In situ degradability of sugarcane in natura or added to different levels (0.5; 1.0 and 2.0% in as-fed diet) of calcium oxide (CaO) was evaluated. Five Holstein x Gyr dairy heifers, fitted with a rumen canula were used in a blocks with split-plot experimental design. The potential and effective degradability as well as the degradation rates of DM and OM were linearly enhanced with the increasing of the CaO levels in diet. However, no differences of potential and effective degradability and on degradation rates of NDF and ADF were detected among treatments. The increasing levels of CaO in sugarcane diets offered to Holstein x Gyr dairy heifers lead to a linear enhancement of in situ degradability of DM and OM, but does not affect the in situ degradability of fiber fractions.

Keywords: alkali, bovine, hydrolysis

1. INTRODUÇÃO

A cana de açúcar é um dos volumosos mais utilizados pelos pecuaristas por apresentar facilidade de estabelecimento, produção por vários anos, alta produtividade de matéria seca (MS) e valor nutritivo praticamente inalterado durante a seca. As pastagens, no período da seca, apresentam-se com baixa disponibilidade de forragem e deficientes em energia, proteína e minerais, ao passo que a cana madura, nessa época do ano, contém mais de 31% de sacarose

(%MS), o que a torna alternativa viável para alimentação de bovinos, nos países tropicais. A cana pode produzir mais de 200t de matéria verde (MV) por cada hectare (ha) e sua renovação torna-se necessária somente a partir do quarto ou quinto ano. Apresenta boa aceitabilidade pelos animais, além de ter custo de produção relativamente baixo (Thiago, 2002). À medida que a cana amadurece, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) reduzem-se, contrariamente ao observado para as demais forrageiras. Esse declínio pode ser explicado pela redução do percentual dos constituintes da parede celular em decorrência do acúmulo de carboidratos solúveis (Freitas et al., 2006).

Quando a forragem apresenta alto teor de FDN, como as forrageiras cortadas em idades avançadas, ou quando a fibra apresenta baixa digestibilidade, como a da cana de açúcar (Boin et al., 1987), podem-se utilizar substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e a disponibilidade de nutrientes para os animais. Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcali melhora sua digestibilidade.

A cal micropulverizada, encontrada nas formas de CaO e Ca(OH)₂, que apresenta baixos teores de magnésio (Mg), dioxinas e furanos, surge como alternativa segura e de baixo custo. Já existem produtos certificados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentação animal.

A justificativa para emprego de álcali reside no fato da lignina de gramíneas ser particularmente susceptível ao ataque hidrolítico dos mesmos, nas ligações covalentes do tipo éster entre a lignina e a parede celular (Van Soest, 1994).

De acordo com Klopfenstein (1980), o teor de lignina normalmente não é alterado pelo tratamento químico. Então, o aumento na extensão da digestão da celulose e da hemicelulose é, provavelmente, devido à quebra das ligações com a lignina, sem atuar na sua remoção, melhorando a digestibilidade da fibra pelo aumento na solubilidade da hemicelulose e disponibilidade da celulose e da hemicelulose.

O tratamento alcalino, quando influencia positivamente a digestibilidade das frações fibrosas, proporciona melhor aproveitamento da fibra da dieta, disponibilizando mais energia para crescimento microbiano, elevando o aporte de proteína para o intestino (Ezequiel et al., 2005).

O presente trabalho foi conduzido para avaliar a degradabilidade *in situ* da cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio em diferentes níveis de inclusão, em novilhas leiteiras Holandês x Gir.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local

O experimento foi realizado no Campo Experimental fazenda Santa Mônica pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizada na cidade de Valença, na região do Vale do Paraíba, no estado do Rio de Janeiro (RJ).

2.2. Período experimental

O ensaio teve duração de 11 dias. Houve a adaptação dos animais à dieta e às instalações por sete dias, enquanto na segunda fase, composta por quatro dias, foram realizadas as coletas de amostras.

2.3. Animais utilizados e instalações experimentais

A variedade da cana de açúcar utilizada no experimento foi a RB 73-9735. O plantio ocorreu em janeiro 2006. A exigência de solo é de mediana fertilidade. Essa variedade possui alta produtividade, estimada em 150t/ha, maturação mediana, florescimento raro, ausência de joçal, com época de colheita de junho a outubro. O experimento foi realizado de agosto a outubro de 2007, sendo utilizado o primeiro corte do canavial. A cana de açúcar utilizada apresentou grau Brix de 22.

O cálculo das dietas experimentais foi feito utilizando os dados de requerimentos nutricionais do NRC (1989). As dietas eram isoproteicas.

Foram utilizadas para este experimento cinco novilhas Holandês x Gir fistuladas no rúmen. Os animais foram previamente identificados com brincos numéricos, sendo estes provenientes da própria fazenda. Estes foram mantidos em regime de confinamento, em um único galpão de alvenaria, cuja cobertura era de telhas de amianto e pisos de concreto. Eles foram cabresteados e amarrados aos cochos em sistema tipo “Tiestall”, disponibilizando assim um cocho e um bebedouro (automático) individual. Devido à disposição do curral (norte-sul) os animais recebiam luminosidade por igual. A limpeza dos pisos era realizada três vezes ao dia, fazendo-se a remoção das fezes. Foram pesados no início e término do experimento, sendo todos submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. Todos estavam com as vacinações em dia (aftosa, raiva e brucelose).

2.4. Cana de açúcar, tratamentos e arraçoamento

Foram avaliados quatro tratamentos contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio.

Os tratamentos foram:

0,0: Cana de açúcar

0,5: Cana de açúcar + **0,5% de inclusão de óxido de cálcio***

1,0: Cana de açúcar + **1,0% de inclusão de óxido de cálcio***

2,0: Cana de açúcar + **2,0% de inclusão de óxido de cálcio***

*Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio forma preparados 24 horas antes do início do processamento do material.

Os animais foram alimentados com a seguinte dieta (Tabela 4.1):

Cana de açúcar + **0,5% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

*O tratamento foi preparado 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia.

** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN, no momento do arraçoamento.

Tabela 4.1. Composição química da dieta, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)

Nutriente	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)
	0,5
MS*	33,38
MO	85,30
EE	1,33
CSDN	43,33
FDN	33,90
FDNcp	32,02
FDA	19,53
Lig	3,39
Cel	16,14
Hcel	14,37
PB	8,63
Cinzas	14,70
Ca	1,19
P	0,18
Ca/P	6,58

MS = matéria seca, *expresso em porcentagem da matéria natural; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; CSDN = carboidratos solúveis em detergente neutro; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; Lig = ligninas; Cel = celulose; HCel = hemiceluloses; PB = proteína bruta; Ca = cálcio; P= fósforo; Ca/P = relação cálcio e fósforo. 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *O tratamento foi preparado 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

Na Tabela 4.2. está a composição dos ingredientes do concentrado utilizado na dieta dos animais.

Tabela 4.2. Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado

Ingredientes	%
Farelo de Soja	50
Fubá de Milho	42
Mistura de Ureia + Sulfato de amônio (9:1)	5
Mistura Mineral	3

Na Tabela 4.3. estão a composição da mistura mineral e do óxido de cálcio em microminerais e macrominerais.

Tabela 4.3. Composição mineral do óxido de cálcio e da mistura mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais

	Mistura Mineral	Óxido de Cálcio	
Macrominerais (%)	Ca	9,6	44,5
	Mg	1,0	0,3
	P	8,7	2,9
	K	0,08	0,05
Microminerais (ppm)	Cu	1254	41
	Zn	4228	73
	Fe	5258	1388
	Mn	427	128

Ca = cálcio; Mg = magnésio; P = fósforo; K = potássio; Cu = cobre; Mn = manganês; Fe = ferro e Zn = zinco.

A cana de açúcar utilizada era disponibilizada pela propriedade, enquanto que a cal utilizada foi fornecida pela empresa Ical Energética.

A dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8h e às 14h, em quantidades suficientes para que houvesse 15% de sobras, havendo assim a necessidade de se realizar o ajuste diário das quantidades oferecidas.

Os tratamentos foram preparados utilizando-se cana de açúcar, que foi moída finamente durante a manhã, em picadeira acoplada ao trator, transportada para as instalações experimentais, pesada para avaliar a quantidade da mistura e espalhada em piso cimentado em galpão coberto. Adicionou-se o CaO em porcentagem de 0,5; 1,0 e 2,0% na MN, a seco, sendo o material homogeneizado, e armazenado por 24h para ação ao agente alcalino, sendo que o tratamento sem adição de CaO foi imediatamente levado a estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h.

2.5. Procedimentos amostrais e análises laboratoriais

A degradabilidade *in situ* foi determinada utilizando-se sacos de náilon medindo 15 x 8cm, com malha de 50 micrômetros. Foi feita uma triplicata por tratamento e por tempo de incubação, sendo em cada saco colocados 5g de cana de açúcar sem tratamento com óxido de cálcio ou cana de açúcar tratada com óxido de cálcio, moídos em peneira de 5mm após secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h. Antes da incubação os sacos foram embebidos em água destilada por 10 minutos. As amostras foram inseridas no rúmen às 8h da manhã e removidas às 0, 6, 12, 18, 24, 48, 72 e 96h após a inserção.

Após a retirada, os sacos foram lavados em água corrente, congelados e posteriormente secos em estufa ventilada a 55°C por 72h. Os resíduos dos tratamentos foram analisados para MS, FDN, FDA e MM (para determinação da MO).

2.6. Procedimentos estatísticos

Os parâmetros de degradação ruminal *in situ* da MS, MO, FDN e FDA da cana de açúcar foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo *Marquardt*, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS (SAS..., 2002).

As estimativas dos parâmetros de degradabilidade ruminal foram realizadas, ajustando o modelo não-linear descrito por Tomich & Sampaio (2004), sendo geradas curvas por tratamento, mas também individuais. Estas últimas foram feitas visando análises de regressão linear e quadrática dos parâmetros de degradação ruminal em função do nível de inclusão de óxido de cálcio (0; 0,5; 1,0 e 2,0% da matéria natural da dieta). As análises de regressão foram realizadas utilizando-se o procedimento REG do SAS... (2002). Efeitos foram considerados significativos quando $P < 0,05$.

As degradabilidades efetivas (DE) da MS, MO, FDN e FDA da cana de açúcar foram calculadas conforme proposto por Ørskov & McDonald (1979), utilizando valores de taxa de passagem ruminal de 2 e 5%/h (Agricultural..., 1984).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 4.4 estão os valores de degradabilidades potencial (A) e efetiva (DE) e taxas de degradação (c) da MS, MO, FDN e FDA da cana de açúcar e da cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em novilhas Holandês x Gir.

Tabela 4.4. Degradabilidades potencial (A) e efetiva (DE) e taxas de degradação (c) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da cana de açúcar e da cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em novilhas Holandês x Gir

Parâmetro	Nutriente	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)				EPM ^a	Efeito (valor de P)	
		0	0,5	1,0	2,0		Linear	Quadrático
		A (%)	MS	79,4	81,3		81,9	85,2
c (%/h)	MS	3,12	3,30	3,87	4,28	2,18	< 0,005	Ns
DE2^c (%)	MS	72,1	72,9	74,5	76,9	0,46	< 0,0001	Ns
DE5^c (%)	MS	67,8	68,0	69,6	71,2	0,61	< 0,005	Ns
DEk1 (%)^d	MS	69,2	ND ^e	72,5	74,8	0,32	< 0,0001	Ns
A (%)	MO	79,3	80,0	80,7	83,0	0,26	< 0,005	Ns
c (%/h)	MO	3,14	3,49	3,88	3,89	1,91	< 0,05	Ns
DE2^c (%)	MO	71,0	71,5	72,7	74,1	0,42	< 0,01	Ns
DE5^c (%)	MO	66,2	66,3	67,5	68,3	0,51	< 0,05	Ns
DEk1 (%)^d	MO	68,9	ND ^e	70,9	71,6	0,37	< 0,01	Ns
A (%)	FDN	46,7	48,5	46,2	46,6	0,72	Ns	Ns
c (%/h)	FDN	3,47	3,84	4,06	4,01	2,19	Ns	Ns
DE2^c (%)	FDN	29,9	32,3	31,4	31,7	0,90	Ns	Ns
DE5^c (%)	FDN	19,8	22,0	21,4	22,0	0,98	Ns	Ns
DEk1 (%)^d	FDN	24,4	ND ^e	24,1	24,8	0,91	Ns	Ns
A (%)	FDA	37,1	33,3	35,8	36,8	1,19	Ns	Ns
c (%/h)	FDA	3,71	3,92	3,98	4,18	3,77	Ns	Ns
DE2^c (%)	FDA	23,9	21,6	23,6	24,8	1,00	Ns	Ns
DE5^c (%)	FDA	15,7	14,3	15,7	16,9	0,91	Ns	Ns
DEk1 (%)^d	FDA	18,1	ND ^e	18,3	20,0	1,10	Ns	Ns

^aEPM = Erro-padrão da média;

^bNs = não-significativo (P>0,05)

^cDEs calculadas utilizando taxas de passagem no rúmen de 2 e 5%/h, respectivamente, DE2 e DE5.

^dDEk1 calculadas utilizando taxa de passagem estimada por Campos (2010)

^eND = não determinado

Na Tabela 4.5 estão as regressões lineares obtidas dos valores das degradabilidades potencial (A) e efetiva (DE) e taxas de degradação (c) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) da cana de açúcar e da cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em fêmeas bovinas Holandês x Gir

Tabela 4.5. Regressões lineares obtidas dos valores das degradabilidades potencial (A) e efetiva (DE) e taxas de degradação (c) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) da cana de açúcar e da cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio em novilhas Holandês x Gir

Variável	Nutriente	Parâmetros das regressões lineares ($\hat{Y} = a + bX$) ¹				
		a*	DP (a)	b*	DP (b)	r ²
A (%)	MS	79,52520	0,55171	2,79806	0,48157	0,6329
c (%/h)	MS	0,03114	0,00204	0,00605	0,00178	0,3576
DE2 ^c (%)	MS	71,93480	0,51065	2,46994	0,44573	0,6099
DE5 ^c (%)	MS	67,59800	0,54126	1,81429	0,47245	0,4198
DEk1 ^d (%)	MS	69,38267	0,48432	2,77600	0,37515	0,7934
A (%)	MO	79,11720	0,60980	1,87806	0,53228	0,3760
c (%/h)	MO	0,03278	0,00189	0,00369	0,00165	0,1747
DE2 ^c (%)	MO	70,93840	0,57199	1,58411	0,49927	0,3230
DE5 ^c (%)	MO	66,11920	0,54708	1,10206	0,47753	0,1855
DEk1 ^d (%)	MO	69,13400	0,55188	1,36200	0,42748	0,3953

¹ \hat{Y} = variável estimada; X = nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural); a = estimativa do intercepto; DP (a) = erro-padrão da estimativa de "a"; b = coeficiente de regressão linear; DP (b) = erro-padrão da estimativa de "b"; r² = coeficiente de determinação.

*EPM = Erro-padrão da média;

^bNs = não-significativo (P>0,05)

^cDEs calculadas utilizando taxas de passagem no rúmen de 2 e 5%/h, respectivamente, DE2 e DE5.

^dDEk1 calculadas utilizando taxa de passagem estimada por Campos (2010)

^eND = não determinado

Os valores de degradabilidade potencial e efetiva e as taxas de degradação da MS e da MO aumentaram linearmente com o aumento de inclusão de CaO. Esse aumento pode ter ocorrido em parte pelo escape do CaO dos sacos de náilon, devido sua alta solubilidade.

São poucos os trabalhos publicados sobre a degradação ruminal da fibra da cana de açúcar, sendo mais freqüentes dados de digestibilidade.

Balieiro Neto et al. (2006) avaliaram o efeito da secagem das amostras sobre a degradabilidade *in situ* no rúmen das variedades de cana de açúcar IAC91-2195 e IAC86-2480 tratadas ou não com CaO. Na variedade IAC86-2480 a degradabilidade da FDN com adição de CaO foi superior, independente da utilização de amostras secas ou úmidas, enquanto na IAC91-2195 foi superior apenas quando incubadas amostras úmidas. Os autores concluíram que a ausência de resposta da degradabilidade da matéria seca (DegMS) ao CaO em amostras secas deve-se provavelmente a um efeito de compensação entre a perda de CNF durante a secagem e aumento da degradabilidade da fibra devido à hidrólise provocada pelo aditivo.

Aroeira et al. (1993), trabalhando com cana de açúcar mais ureia suplementada com farelo de algodão e farelo de arroz, encontraram taxa de degradação da MS da cana de açúcar de 3,2%/h, sendo que grande parte do material foi rapidamente solubilizado (55,2%), fração esta correspondente ao conteúdo celular. A parede celular foi muito pouco degradada, no rúmen, ao longo das 72 horas de degradação (43,7%).

Em bovinos alimentados com cana de açúcar sob diferentes formas, a taxa de degradação para MS da cana de açúcar integral e ureia foi de 6,0%/h, conforme (Pereira et al., 1996).

Os valores de degradabilidade potencial, efetiva e as taxas de degradação da FDN e da FDA foram semelhantes entre os tratamentos, evidenciando que o CaO não interferiu nas ligações das Hcel e Cel a ponto de alterar os parâmetros avaliados.

Ao comparar os valores encontrados nesse estudo com os dados encontrados por Campos (2010) em ensaio de digestibilidade aparente com as mesmas dietas experimentais em vacas em lactação Holandês x Gir, verifica-se que os dados de degradabilidade potencial são muito semelhantes aos dados de digestibilidade aparente encontrados por Campos (2010) para a dieta sem adição de CaO. Para MS os valores foram 79,4 e 77,29, MO foram 79,3 e 79,17 e FDN foram 46,7 e 46,74, respectivamente para degradabilidade potencial e digestibilidade aparente.

O principal fator que reduz o consumo voluntário da cana de açúcar é a baixa degradabilidade de sua fibra no rúmen, o que provoca acúmulo de fibra não degradada, limitando o consumo por repleção ruminal. A baixa digestibilidade da FDN da cana de açúcar está relacionada à alta concentração de lignina e a sua ligação com carboidratos fibrosos (hemiceluloses e celulose), o que dificulta a ação de microrganismos ruminais sobre esses carboidratos. Em ruminantes, a fibra é responsável pela grande variação na digestibilidade dos alimentos volumosos, pois na maioria das vezes seu teor apresenta relação negativa com a digestibilidade total da MS (Van Soest, 1994).

Com o intuito de investigar a degradabilidade ruminal da FDN da cana de açúcar tratada ou não com 1% (na MN) de óxido de cálcio, utilizando vacas fistuladas no rúmen, Rabelo et al. (2009) avaliaram o efeito da cal, sob dois tempos de incubação ruminal (24 e 96 horas), sobre a degradabilidade da MS e FDN. O tratamento da cana de açúcar com o CaO não foi efetivo estatisticamente ($P < 0,01$) para assegurar melhoria na digestibilidade ruminal, sendo os valores após 24 horas de incubação de 42,75 e 43,12% para a MS e 18,40 e 25,16% para FDN, para a cana de açúcar *in natura* e tratada, respectivamente, e após 96 horas, 56,17 e 57,91% para a MS e 40,92 e 41,40% para a FDN, na cana de açúcar *in natura* e tratada, respectivamente.

Henriques et al. (2007) ao avaliar a composição bromatológica e a degradação *in situ* da FDN da cana de açúcar tratada com óxido de cálcio em diferentes doses de inclusão (0; 0,5; 1,0 e 1,5 %) e tempos de armazenagem (0; 24; 48 e 72 horas) inferiram que a inclusão de CaO produz hidrólise da parede celular resultando em menores teores de FDN, FDA e Lignina. Nas condições testadas, a cana de açúcar pode ser armazenada por até 72 horas. Os autores concluíram que a inclusão de CaO aumenta a fração potencialmente degradável e a taxa de degradação ruminal da FDN.

Franzolin & Franzolin (2000) avaliaram a cinética de degradação da cana de açúcar em bovinos e bubalinos e verificaram valores médios de degradabilidade potencial da MS e da FDN de 79,3 e 74,5%, com degradabilidade efetiva da MS e da FDN (k_p de 5%/hora) de 56,5 e 31,6%, respectivamente.

Carmo et al. (2001), estudando a degradação da cana de açúcar em dietas com diferentes fontes de proteína degradável, encontraram taxa de degradação (kd) para a MS de 3,34%/h, valor semelhante ao encontrado no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

O aumento do nível de inclusão de CaO em dietas à base de cana de açúcar aumenta linearmente a degradabilidade *in situ* da MS e da MO e não altera a degradabilidade *in situ* das frações fibrosas, em novilhas leiteiras Holandês x Gir.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock Supplement No. 1. London: CAB, 1984. 45p.

AROEIRA, L.J.M., FIGUEIRA, D.G., RODRIGUEZ, N. M. et al. Degradabilidade *in situ* dos nutrientes da cana de açúcar e do farelo de algodão em bovinos alimentados com farelo de algodão e cana de açúcar adicionada de três níveis de ureia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.45, n.2, p.221-233, 1993.

BALIEIRO NETO, G.; LIMA, M. L. P.; REIS, R. A. et al. Determinação da degradabilidade ruminal *in situ* com amostras secas ou úmidas de duas variedades de cana de açúcar tratadas ou não com óxido de cálcio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM

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

CAMPOS, M.M. *Cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio na alimentação de fêmeas bovinas leiteiras*. 2010. 130f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CARMO, C.A.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P. Degradabilidade da matéria seca e fibra em detergente neutro da cana de açúcar (*Saccharum spp*) com diferentes fontes de proteína. *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.2126-2133, 2001.

EZEQUIEL, J. M. B.; QUEIROZ, M. A. A.; GALATI, R. L. et al. Processamento da cana de açúcar: efeitos sobre a digestibilidade, o consumo e a taxa de passagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1704-1710, 2005.

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*, v.29, n.6, p.1853-1861, 2000.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G.; LEONEL, F. de P.; Características da silagem de cana de açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n1, p.48-59, 2006.

HENRIQUES, L.T.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Composição química e degradação *in situ* da fibra em detergente neutro da cana de açúcar tratada com óxido de cálcio em diferentes doses de inclusão e tempos de armazenagem. In: XVII Congresso Brasileiro de Zootecnia – ZOOTEC 2007, Londrina, PR. *Anais...* XVII Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2007.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of the dairy cattle. 6.ed. Washington, D.C., 1989. 158p.

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

PEREIRA, O.G., VALADARES FILHO, S.C., GARCIA, R. 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. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.25, n.4, p.763-777, 1996.

RABELO, F. H. S.; SALVADOR, F. M.; REZENDE, A. V. et al. Efeito da hidrólise da cana de açúcar com óxido de cálcio sobre a degradabilidade ruminal da fibra em detergente neutro. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009. Maringá. *Anais ...* Maringá: SBZ, 2009. CD-ROM.

SAS Institute Inc. SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

THIAGO, L.R.L. de S.; VIEIRA, J.M. Cana de açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Campo Grande: EMBRAPACNPGC, 2002. 5p. (EMBRAPA-CNPGC. Comunicado Técnico, 73).

TOMICH, T.R.; SAMPAIO, I.B.M. A new strategy for the determination of forage degradability with an *in situ* technique through the use of one fistulated ruminant. *Journal of Agricultural Science*, v.142, n.5, p.589-593, 2004.

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

Capítulo 5

Desempenho produtivo de vacas leiteiras em lactação Holandês x Gir alimentadas com dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio

Productive performance of Holstein x Gyr lactating dairy cows fed diets containing sugarcane treated or not with calcium oxide

RESUMO

Vacas Holandês x Gir em lactação foram alimentadas com dietas a base de cana de açúcar. As dietas foram tratadas ou não com óxido de cálcio (CaO), com os seguintes níveis de inclusão na MN: 0,0%; 0,5%; 1,0% e 2,0%, sendo a cana tratada fornecida após 24h. Avaliaram-se consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO), produção (PL) e composição de leite, e eficiência alimentar. O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão. Realizaram-se três períodos de avaliação, com três repetições por tratamento, totalizando 12 animais em cada período. A adição de CaO reduziu o CMS e o CMO quando comparada a dieta sem adição de CaO. A redução no consumo foi maior com o aumento dos níveis de inclusão do CaO. Observou-se redução da PL somente no tratamento com inclusão de 2,0% de CaO. Considerando-se a PL corrigida para 4% de gordura (PLCG4%), a inclusão de 1,0 ou 2,0% de CaO à dieta causou redução desse parâmetro, sendo a redução mais acentuada no tratamento de 2% de CaO. Com relação à composição do leite, a adição de CaO em diferentes níveis de inclusão não alterou a porcentagem de gordura, lactose e nitrogênio ureico do leite. Maior porcentagem de proteína foi observada na dieta sem inclusão de CaO. Valores intermediários foram observados nos tratamentos com 0,5 e 1,0% de CaO e menor porcentagem de proteína foi observada no tratamento com 2,0% de CaO. Os percentuais de extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD) apresentaram comportamento semelhante ao observado para proteína. A adição de óxido de cálcio em dietas à base de cana de açúcar oferecidas a vacas Holandês x Gir em lactação reduz o teor de proteína, EST e ESD no leite, e dependendo do nível de adição, reduz a produção de leite.

Palavras-Chave: álcali, bovino, composição de leite, consumo, hidrólise, produção de leite

ABSTRACT

Holstein x Gyr lactating dairy cows were fed with sugarcane-based diets. The diets were treated or not with calcium oxide (CaO), using the following levels of inclusion in as-fed diet: 0.0, 0.5, 1.0 and 2.0%. Dry matter intake (DMI), organic matter intake (OMI), milk yield (MY), milk composition and feed conversion were analyzed. A switchback design was used with three evaluation periods, containing three observations per treatment, in a total of 12 animals per period. CaO inclusion lead to reduction of DMI and OMI, and the intake reduction was higher as the levels of inclusion were increased. MY was reduced only in the treatment of 2% CaO. Considering MY corrected for 4% fat (MYCF4%), the inclusion of 1 or 2% CaO caused

reduction in this parameter, with a higher reduction observed in the 2% inclusion treatment. With regard to milk composition, the addition of CaO, independent of the level, did not alterate the percentage of fat, lactose and milk ureic nitrogen). Higher percentage of protein was observed in the diet that did not have CaO included. Intermediate values were observed when 0.5 or 1.0% CaO was added, and the lowest protein percentage was observed for the 2% CaO treatment. The same trend was observed for the percentage of dry extract (DE) and non fat dry extract. The addition of CaO in sugarcane-based diets offered to Holstein x Gyr dairy cows reduces the percentage of protein, EE and DE in the milk, and depending on the percentage of addition, leads to reduction in milk yield.

Keywords: *alkali, bovine, hydrolysis, intake, milk composition, milk yield*

1. INTRODUÇÃO

A cana de açúcar tem várias características que justificam sua utilização na alimentação de ruminantes. O alto teor de sacarose, o moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), a alta produção de matéria seca por unidade de área mesmo com baixa frequência de cortes, a simplicidade do cultivo agrônômico, a relativa resistência a pragas e doenças, a facilidade de compra e venda, o caráter semiperene, além de ser uma cultura tradicional entre os produtores rurais brasileiros, são algumas delas.

O fato de atingir o máximo valor nutritivo durante o período seco do ano, quando a disponibilidade de forragem é baixa, tem impulsionado sua divulgação como forrageira adequada para cultivo em fazendas que utilizam pastagens e que visam minimizar o uso de tempo e capital em práticas de ensilagem

A cana de açúcar, como alimento básico para ruminantes, apresenta limitações de ordem nutricional, devido aos baixos teores de proteína, minerais e ao alto teor de fibra de baixa degradação ruminal (Leng, 1988).

De acordo com Van Soest (1994), a incrustação da lignina nas fibras de celulose e outros constituintes afeta a disponibilidade dos polissacarídeos da parede celular. No entanto, a digestão dos carboidratos estruturais pode ser melhorada pela modificação da estrutura da parede celular.

Apesar do grande potencial de utilização da cana de açúcar na alimentação de ruminantes, o elevado teor de componentes fibrosos, associado à baixa digestibilidade dos nutrientes em algumas situações, tem levado a baixos índices de produtividade animal (Vilela, 2007).

Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcali aumenta sua digestibilidade. O fenômeno mais associado com o tratamento alcalino de volumosos é a solubilização parcial da hemicelulose, lignina e sílica, e a hidrólise dos ésteres dos ácidos urônico e acético. O tratamento com álcali também pode levar à quebra de pontes de hidrogênio na celulose (Berger et al., 1994).

Segundo Mertens (1987), o CMS é a variável mais importante que influencia o desempenho animal, sendo inversamente relacionada ao conteúdo de fibra da dieta. Dietas com elevada concentração de fibra limitam a capacidade ingestiva do animal, em virtude da repleção do retículo-rúmen.

Os aumentos na DIVMS de volumosos tratados com produtos alcalinos normalmente estão relacionados ao aumento de consumo e do desempenho de animais alimentados com esses volumosos, que podem, às vezes, apresentar resultados de desempenho semelhantes em comparação com dietas de melhor qualidade (Pires et al., 2006).

O tratamento químico de volumosos tem sido objeto de estudos há muito tempo. Entretanto, até hoje muitas dúvidas são levantadas sobre a eficiência dos aditivos utilizados no que se refere à variação das respostas seja no valor nutritivo dos volumosos tratados, seja no desempenho dos animais alimentados com dietas contendo estes volumosos. Pires et al. (2010) fizeram uma revisão abordando os principais e mais utilizados produtos químicos, que são a amônia anidra, a ureia, o hidróxido de sódio e o óxido de cálcio. Os autores verificaram que a amonização (tanto com amônia anidra quanto ureia) tem apresentado resultados mais eficientes no desempenho animal quando comparada ao hidróxido de sódio ou óxido de cálcio. Entretanto, em relação ao valor nutritivo, tanto o hidróxido de sódio quanto o óxido de cálcio têm apresentado maior eficiência na redução da parede celular e no aumento da digestibilidade de volumosos tratados.

O presente trabalho foi conduzido para avaliar a produção e composição de leite; e conversão alimentar de vacas em lactação Holandês x Gir alimentadas com dietas à base de cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio com diferentes níveis de inclusão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local

O experimento foi realizado no Campo Experimental fazenda Santa Mônica pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizada na cidade de Valença, na região do Vale do Paraíba, no estado do Rio de Janeiro (RJ).

2.2. Período experimental

O ensaio foi dividido em três períodos. Em cada período houve a adaptação dos animais às dietas experimentais e as instalações, composto por 14 dias, enquanto na segunda fase, composta por cinco dias, foram realizadas as coletas de amostras das dietas oferecidas, sobras de alimento, fezes e leite.

2.3. Animais utilizados e instalações experimentais

Foi realizado ensaio de digestibilidade aparente com doze vacas em lactação, sendo três animais por tratamento em cada período experimental. Para divisão dos animais nos tratamentos foram considerados a homogeneidade em relação à produção de leite, à fase da lactação, à ordem de parto, o peso vivo e o escore corporal.

As vacas em lactação possuíam composição genética 7/8 Holandês x Gir, idade média de 104 meses, peso médio de 486 kg, ordem de parto variando de dois a sete, produção média de leite de 10,4 kg e 71 dias em lactação, no início do experimento.

Os animais foram previamente identificados com brincos numéricos, sendo estes provenientes da própria fazenda. Estes foram mantidos em regime de confinamento, em um único galpão de alvenaria, cuja cobertura era de telhas de amianto e pisos de concreto. Eles foram cabresteados e amarrados aos cochos em sistema tipo “Tiestall”, disponibilizando assim um cocho e um bebedouro (automático) individual. Devido à disposição do curral (norte-sul) os animais recebiam luminosidade por igual. A limpeza dos pisos era realizada três vezes ao dia, fazendo-se a remoção das fezes. Foram pesados no início e término do experimento, sendo todos submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. Todos estavam com as vacinações em dia (aftosa, raiva e brucelose).

2.4. Cana de açúcar, tratamentos e arraçoamento

A variedade da cana de açúcar utilizada no experimento foi a RB 73-9735. O plantio ocorreu em janeiro 2006. A exigência de solo é de mediana fertilidade. Essa variedade possui alta produtividade, estimada em 150t/ha, maturação mediana, florescimento raro, ausência de joçal, com época de colheita de junho a outubro. O experimento foi realizado de agosto a outubro de 2007, sendo utilizado o primeiro corte do canavial. A cana de açúcar utilizada apresentou grau Brix de 22.

O cálculo das dietas experimentais foi feito utilizando os dados de requerimentos nutricionais do NRC (1989). As dietas eram isoproteicas.

Foram avaliadas quatro dietas experimentais contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio em vacas leiteiras em lactação.

Os tratamentos foram:

0,0: Cana de açúcar + concentrado**

0,5: Cana de açúcar + **0,5% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

1,0: Cana de açúcar + **1,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

2,0: Cana de açúcar + **2,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

*Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia.

** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN, no momento do arraçoamento.

Na Tabela 5.1 está a composição dos ingredientes do concentrado utilizado nas dietas experimentais.

Tabela 5.1. Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado

Ingredientes	%
Farelo de Soja	50
Fubá de Milho	42
Mistura de Ureia + Sulfato de amônio (9:1)	5
Mistura Mineral	3

Na Tabela 5.2. estão a composição da mistura mineral e do óxido de cálcio em microminerais e macrominerais.

Tabela 5.2. Composição mineral do óxido de cálcio e da mistura mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais

	Mistura Mineral	Óxido de Cálcio	
Macrominerais (%)	Ca	9,6	44,5
	Mg	1,0	0,3
	P	8,7	2,9
	K	0,08	0,05
Microminerais (ppm)	Cu	1254	41
	Zn	4228	73
	Fe	5258	1388
	Mn	427	128

Ca = cálcio; Mg = magnésio; P = fósforo; K = potássio; Cu = cobre; Mn = manganês; Fe = ferro e Zn = zinco.

A cana de açúcar utilizada era disponibilizada pela propriedade, enquanto a cal utilizada foi fornecida pela empresa Ical Energética.

A cana de açúcar foi finamente moída durante a manhã, em picadeira acoplada ao trator, transportada para as instalações experimentais, pesada para avaliar a quantidade da mistura e espalhada em piso cimentado em galpão coberto. Adicionava-se o CaO em porcentagem de 0,5; 1,0 e 2,0% na MN, a seco, sendo o material homogeneizado, e armazenado por 24h para ação ao agente alcalino e o tratamento sem adição de CaO era fornecido imediatamente aos animais.

Na Tabela 5.3 estão evidenciados os valores de MO, EE, FDN, FDNcp, FDA, Cel, HCel, PB, Ca e P das dietas experimentais.

Tabela 5.3. Composição química das dietas experimentais, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)

Nutriente	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)			
	0,0	0,5	1,0	2,0
MS*	33,18	33,38	34,52	35,34
MO	88,63	85,30	83,29	80,10
EE	1,40	1,33	1,13	0,98
CSDN	46,13	43,33	42,91	41,22
FDN	33,00	33,90	32,84	32,51
FDNcp	31,75	32,02	30,95	29,92
FDA	23,27	19,53	20,77	19,84
Lig	4,71	3,39	4,03	3,62
Cel	18,57	16,14	16,74	16,22
Hcel	9,72	14,37	12,07	12,67
PB	9,35	8,63	8,30	7,99
Cinzas	11,37	14,70	16,71	19,90
Ca	0,30	1,19	2,01	3,55
P	0,19	0,18	0,20	0,20
Ca/P	1,55	6,58	10,70	19,77

MS = matéria seca, *expresso em porcentagem da matéria natural; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; CSDN = carboidratos solúveis em detergente neutro; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; Lig = ligninas; Cel = celulose; HCel = hemiceluloses; PB = proteína bruta; Ca = cálcio; P= fósforo; Ca/P = relação cálcio e fósforo. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

A dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8h e às 15h, em quantidades suficientes para que houvesse 15% de sobras, havendo assim a necessidade de se realizar o ajuste diário das quantidades oferecidas.

2.5. Procedimentos amostrais e análises laboratoriais

Em cada fase do ensaio de reversão foram coletas as amostras de leite por dois dias consecutivos, durante as ordenhas da manhã (7h) e da tarde (14h), e amostras foram recolhidas em medidores de leite e acondicionadas em frascos plásticos (60 mL). Cada frasco continha dois comprimidos do conservante bronopol (2-bromo-2-nitropropano-1,3-diol), permitindo a conservação do leite. Após a coleta, as amostras foram homogeneizadas por inversão até a completa dissolução dos comprimidos. Posterior foi feita avaliação de parâmetros químicos:

concentração de lactose, de proteína, de gordura, de extrato seco total (EST), de extrato seco desengordurado (ESD) e de N-ureico no leite (NUL). As quatro amostras de leite foram individualmente analisadas e posteriormente foi feita a média dessas amostras.

As análises para determinação dos teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais foram realizadas através do método de absorção infravermelha, pelo equipamento Bentley Comb 2300® (Bentley Instruments®), no Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite. As concentrações de nitrogênio uréico foram estimadas utilizando-se o equipamento ChemSpeck 150® (Bentley Instruments®), por método enzimático e espectrofotométrico de trans-reflectância, no Laboratório de Qualidade do Leite da Clínica do Leite (USP). Estes procedimentos seguiram as recomendações do International Dairy Federation (IDF, 1996).

A produção de leite foi individualmente registrada, por cinco dias consecutivos, durante as ordenhas da manhã e da tarde e posteriormente foi feita a média por produção diária de cada animal.

O cálculo da produção de leite corrigida para 4% de gordura foi feito através da fórmula (NRC, 2001):

$$PLCG4\% = 0,4 (\text{Produção de Leite}) + (\text{Gordura no Leite} / 100) \times (\text{Produção de Leite})$$

Com os dados de consumo de nutrientes obtidos, foi estimada a eficiência de conversão alimentar para produção de leite, que foi calculada através da fórmula:

Eficiência alimentar para produção de leite = kg de leite produzido por dia (corrigido ou não para 4% de gordura) / kg de MS consumida por dia.

2.6. Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão. Foram utilizados quatro tratamentos com três repetições, totalizando 12 animais, em cada período. Foram três períodos de avaliação. As médias foram comparadas pelo teste T de Student ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Foi utilizado para as análises o programa estatístico SAS (2002). Embora a análise de um ensaio de reversão com quatro tratamentos apresente apenas oito graus de liberdade para o erro, o grande controle da variação individual obtido pelos contrastes prognostica o valor reduzido s^2_e , o que contrabalança a fragilidade amostral (Sampaio, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5.4. estão os valores da produção diária de leite, produção de leite corrigida para 4,0% de gordura, eficiência alimentar e eficiência alimentar corrigida para 4,0% de gordura.

Tabela 5.4. Produção de leite, produção de leite corrigida para 4,0% de gordura, expressos em quilogramas por dia; eficiência alimentar, eficiência alimentar corrigida para 4,0% de gordura, expressos em quilogramas de leite por quilogramas de matéria seca, de vacas em lactação Holandês x Gir recebendo dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio

Parâmetro	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				CV
	0,0	0,5	1,0	2,0	
	PL	10,92a	11,02a	10,38a	
PLCG4%	10,50a	10,26a	9,64ab	8,45b	9,4
EAPL	0,95b	1,08a	1,11a	1,10a	5,7
EAPLCG4%	0,92b	1,00ab	1,03a	1,01a	6,9

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem pelo teste T de Student ($P < 0,05$). CV= Coeficiente de variação. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arração do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN. *As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN. CMS = consumo de matéria seca; CMO= consumo de matéria orgânica; PL = produção de leite, em litros; PLCG4% = produção de leite, em litros, corrigida para 4 % de gordura; EAPL = eficiência alimentar para produção de leite; EAPLCG4% = eficiência alimentar para produção de leite corrigido para 4 % de gordura.

O consumo de MS pode afetar o desempenho animal de forma decisiva, uma vez que determina o total de nutrientes ingeridos, e por consequência, a resposta animal. A digestibilidade e a utilização dos nutrientes podem ser apenas descrições qualitativas dos alimentos (Van Soest, 1994).

Campos (2010) verificou que a adição de CaO, em todos os níveis, reduziu o CMS e o CMO quando comparada à dieta sem adição de CaO. A redução no consumo foi maior com o aumento dos níveis de inclusão no CaO, atingindo queda de 26,51% quando incorporou 2,0% da CaO na cana sem tratamento.

A PL foi inferior no tratamento com inclusão de 2,0% de CaO e semelhante entre os outros tratamentos, comparando com a dieta sem CaO, essa queda foi de 15,20%. O mesmo ocorreu na PLCG4%, porém o tratamento com 1,0% de CaO teve valor intermediário; mas nesse caso, a queda do maior nível de CaO na dieta, contra aquela sem cal, foi de 19,25%, demonstrando a significativa perda de extrato etéreo que o tratamento imporia no sistema de produção de derivados gordurosos. Pode ter ocorrido maior mobilização das reservas corporais nos animais que receberam as dietas de menor consumo, porém não foi avaliado esse parâmetro no atual estudo.

Segundo Campos (2010) trabalhando com as mesmas dietas experimentais, a redução da PL e PLCG4% pode ter ocorrido pela redução da digestibilidade da MS, MO e da FDA, pelo aumento da proporção molar do acetato, pela redução das concentrações médias e da proporção molar do propionato e pelo aumento da relação acetato:propionato no rúmen nas dietas com adição de CaO.

Os tratamentos que tiveram os menores CMS e CMO (0,5, 1,0 e 2,0% de CaO) e os menores PL (2,0% de CaO) e PLCG4% (1,0 e 2,0% CaO), tiveram a melhor EAPL e

EAPLCG4% (0,5, 1,0 e 2,0% de CaO). Isso pode ter ocorrido pela maior mobilização das reservas corporais, porém não foi avaliado.

Apesar dos bons resultados obtidos nas avaliações feitas por técnicas *in vitro*, os poucos resultados da literatura de ensaios com animais alimentados com dietas à base de cana de açúcar hidrolisada não vêm repetindo a mesma tendência, como observado no atual estudo.

Carvalho (2008), trabalhando com vacas leiteiras Holandês x Zebu alimentadas com dietas de 85% de cana de açúcar com doses crescentes de CaO (0; 0,75; 1,5 e 2,25% na MN), sendo a cana tratada fornecida aos animais após 24 horas, corrigida com 1% da mistura ureia/sulfato de amônio (9:1) e 15 % de concentrado. O autor não encontrou diferenças no consumo dos nutrientes, na produção e composição do leite pela adição do CaO à cana de açúcar.

Teixeira Júnior (2008) avaliou a cana de açúcar hidrolisada com dois tipos de cal como único volumoso na dieta de vacas em lactação, com produção média de leite de 20,3kg por dia, sobre o consumo de nutrientes, produção e composição do leite. Os tratamentos testados foram cana de açúcar hidrolisada com cal virgem (CHCV), cana hidrolisada com cal hidratada (CHCH), cana *in natura* (CIN) e silagem de milho (SIL). O consumo de matéria seca (CMS) foi superior para SIL em relação à CHCV, CHCH e CIN. A produção de leite foi semelhante entre SM e CHCH, e estas superiores a CHCV e CIN ($P < 0,05$). A produção de leite ajustada para 4% de gordura foi semelhante entre SIL, CHCH e CHCV ($P < 0,05$), sendo a menor produção observada para animais alimentados com cana *in natura*.

Avaliou-se o efeito da cana de açúcar com zero ou 1,0% de CaO na MN com três níveis de oferta de concentrado (0; 0,5 e 1,0% do PV) sobre o desempenho de novilhas mestiças. O CMS, expresso em kg/dia, e em porcentagem do peso vivo (CMS%PV), o ganho médio diário (GMD) e o peso vivo final (PVF) dos animais não foram incrementados pelo tratamento da cana de açúcar com CaO (Moraes et al., 2006).

Domingues (2009) avaliou o desempenho, o consumo e a conversão alimentar de novilhas Angus x Nelore alimentadas com cana de açúcar hidrolisada. O trabalho foi composto por seis tratamentos distribuídos da seguinte forma: T1 – cana *in natura*: a cana de açúcar picada era fornecida aos animais. T2 – cana hidrolisada com 0,5% cal virgem e 24 horas de exposição ao ar. T3 – cana hidrolisada com 0,5% cal virgem e 48 horas de exposição ao ar. T4 – cana hidrolisada com 1,0% cal virgem e 24 horas de exposição ao ar. T5 – cana hidrolisada com 1,0% cal virgem e 48 horas de exposição ao ar. T6 – cana hidrolisada com 1,0% cal virgem e 72 horas de exposição ao ar. Não houve diferença entre os tratamentos para desempenho e consumo. A cal virgem foi capaz de aumentar a estabilidade aeróbia e controlar o desenvolvimento dos microrganismos (leveduras principalmente), solubilizar a fração fibrosa da cana e aumentar a digestibilidade, porém estes efeitos não ocasionaram um maior consumo nem maior desempenho dos animais alimentados com este volumoso, indicando que outros fatores podem estar influenciando no desempenho dos animais.

Freitas et al. (2008) comentam que não foi observado benefício do tratamento da cana de açúcar com hidróxido de cálcio, na dose de 0,5% e houve redução no ganho de peso para o tratamento com 0,9% de cal.

Sforcini et al. (2010) avaliaram a apreciação econômica da alimentação de novilhas Nelore em confinamento com cana de açúcar *in natura*, cana de açúcar hidrolisada submetida a diferentes tempos de armazenamento (24, 48 e 72 horas). Para os cálculos dos custos foram considerados os valores praticados em 2008. Aumento no tempo de armazenamento da cana

hidrolisada até 72 horas proporcionou a diminuição linear dos custos com depreciações de equipamentos e mão-de-obra, colaborando para elevação linear na receita líquida e lucratividade da recria em confinamento de novilhas Nelore. Os autores ressaltam que os resultados do estudo estão relacionados ao desempenho animal e aos custos praticados no ano em questão, de forma que, variações na oferta e procura do produto (animais) e insumos podem determinar variações positivas ou negativas na lucratividade, quando da utilização de sistemas de alimentação semelhante ao do estudo.

Na Tabela 5.5. estão os valores de porcentagem de gordura, proteína, lactose, extrato seco, extrato seco desengordurado e nitrogênio uréico do leite.

Tabela 5.5. Gordura, proteína, lactose, extrato seco total, extrato seco desengordurado, expresso em porcentagem e em gramas por dia, e nitrogênio uréico do leite, expresso em mg/dL, de vacas em lactação Holandês x Gir recebendo dietas à base de cana de açúcar hidrolisada com níveis crescentes de óxido de cálcio

Parâmetro	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				CV
	0,0	0,5	1,0	2,0	
Gordura (%)	3,76a	3,54a	3,51a	3,44a	6,6
Gordura (g/dia)	409a	390a	366ab	316b	11,7
Proteína (%)	3,12a	3,04ab	3,02ab	3,00b	2,4
Proteína (g/dia)	340a	334a	313a	277b	8,0
Lactose (%)	4,38a	4,37a	4,27a	4,23a	2,6
Lactose (g/dia)	478a	479a	444a	393b	6,7
EST (%)	12,33a	11,99ab	11,82b	11,68b	2,2
EST (g/dia)	1342a	1317a	1229a	1080b	8,0
ESD (%)	8,57a	8,45ab	8,31bc	8,24c	12,6
ESD (g/dia)	933a	927a	863a	764b	7,0
NUL	5,90a	6,08a	7,59a	9,19a	38,9

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem pelo teste T de Student ($P < 0,05$). CV = Coeficiente de variação. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arração do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN. *As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN. EST = extrato seco total; ESD = extrato seco desengordurado; NUL = nitrogênio uréico do leite.

A adição de CaO em diferentes níveis de inclusão não alterou a porcentagem de gordura do leite.

De acordo com Roseler et al. (1993), a produção de proteína do leite foi positivamente relacionada à produção de leite.

A dieta de cana de açúcar não hidrolisada teve a maior porcentagem de proteína, os tratamentos com 0,5 e 1,0% de CaO tiveram valores intermediários e o tratamento com 2,0% de CaO teve o menor percentual.

Como consequência da queda do percentual de proteína com o aumento de inclusão de CaO, os percentuais de EST tiveram resposta semelhante ao observado para proteína.

Quando analisado a produção em g/dia dos componentes do leite, houve redução da produção de proteína, gordura e lactose na dieta com adição de 2,0% de CaO.

O potencial de mudança na porcentagem de proteína é muito inferior ao de mudança dos teores de gordura, porém a produção de leite e de proteína podem aumentar substancialmente quando são fornecidos nutrientes limitantes para a produção de leite pela glândula mamária (Schingoethe, 1996).

Assim como a proteína, o teor da lactose do leite dificilmente é alterado (Carvalho, 2000). Os valores observados para o percentual de lactose do leite nas dietas experimentais foram semelhantes aos relatados por Carvalho (2000), com média de 4,31%, e não diferiram entre as dietas.

Texeira Júnior (2008) avaliou a cana de açúcar hidrolisada com dois tipos de cal como único volumoso na dieta de vacas em lactação sobre o consumo de nutrientes, produção e composição do leite. Os tratamentos testados foram cana de açúcar hidrolisada com cal virgem (CHCV), cana hidrolisada com cal hidratada (CHCH), cana *in natura* (CIN) e silagem de milho (SIL). Quanto a composição do leite, verificou-se semelhança nos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e sólidos não gordurosos do leite entre os tratamentos, demonstrando que nas condições de condução do experimento, os volumosos não influenciaram de forma a alterar significativamente a composição do leite. Segundo o autor, isso mostra que a saúde do rúmen não foi alterada pelos tratamentos e nem pelas mudanças na alimentação.

Alves et al. (2010) estudaram dietas contendo cana de açúcar *in natura* ou hidrolisada associadas com girassol (semente, farelo ou óleo). Em relação à composição do leite, não houve diferença significativa entre as dietas, apresentando teores médios de 3,02% de proteína e 3,64% de gordura. Outros dados da composição do leite como lactose e sólidos totais, também não foram influenciados apresentando médias de 4,45% e 12,2% respectivamente.

Não houve diferença entre os tratamentos para os valores de NUL, com valores médios de 7,2 mg/dL. Os horários de coleta de leite foram feitas imediatamente antes ao fornecimento das dietas o que pode ter levado aos baixos valores encontrados de NUL.

As concentrações de NUL determinadas tendo a expectativa de excreção de N na urina de vacas alimentadas seguindo as recomendações do NRC mostraram que a recomendação é que o NUL esteja entre 10 a 16 mg/dl, dependendo da produção de leite. A medida do NUL é simples e possui uma coleta não invasiva que pode ser utilizada para monitorar a excreção de N em vacas em lactação (Jonker, et al., 1998).

4. CONCLUSÕES

A adição de óxido de cálcio em diferentes níveis de inclusão comparada a dieta à base de cana de açúcar *in natura* reduz o desempenho produtivo de vacas em lactação Holandês x Gir.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A.C.N.; EZEQUIEL, J.M.B.; LIMA, M.L.P. et al. Desempenho de vacas mestiças alimentadas com cana “in natura” e hidrolisada associadas a subprodutos de girassol. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM
- BERGER, L. L.; FAHEY Jr., G. C.; BOURQUIN, L.D. et al. Modification of forage quality after harvest. In: FAHEY Jr., G. C. *Forage quality, evaluation, and utilization*. Wisconsin: ASA, p.922-966, 1994
- CAMPOS, M.M. *Cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio na alimentação de fêmeas bovinas leiteiras*. 2010. 130f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CARVALHO, G.G.P de. *Cana de açúcar tratada com óxido de cálcio em dietas para ovinos, caprinos, novilhas e vacas em lactação*. 2008. 279p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DOMINGUES, F.N. *Cana de açúcar hidrolisada com doses crescentes de cal virgem e tempos de exposição ao ar para a alimentação de bovinos*. 2009. 108p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- FREITAS, A.W.P.; ROCHA, F.C.; ZONTA, A. et al. Consumo e desempenho de bovinos recebendo dietas a base de cana de açúcar *in natura* e hidrolisada. In: 45º Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras, MG. 2008. *Anais...* 45º Reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008.
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. Whole milk: determination of milkfat, protein and lactose content: guide for the operation of mid-infra-red instruments. Bruxelas, 1996. 12 p. (IDF. Standard 141 B).
- JONKER, J. S.; KOHN, R. A.; ERDMAN, R. A. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.81, p.2681-2692, 1998.
- LENG, R. A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la cana de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en ruminantes. In: PRESTON, T. R.; ROSALRS, M. (Ed.). *Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable con recursos tropicales*. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, p.1548, 1987.
- MORAES, K.A.K de. *Desempenho produtivo de novilhas de corte alimentadas com cana de açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado*. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- NUTRIENT requirements of dairy cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy, 2001, 298p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of the dairy cattle. 6.ed. Washington, D.C., 1989. 158p.

- PIRES, A.J.V., CARVALHO, G.G.P., RIBEIRO, L.S.O. Chemical treatment of roughage. *R. Bras. Zootec.*, v.39, p.192-203, 2010 (supl. Especial).
- PIRES, A. J. V.; REIS, R. A.; CARVALHO, G. G. P. et al. Bagaço de cana de açúcar tratado com hidróxido de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.953-957, 2006 (supl.).
- SAMPAIO, I. B. M. *Análises estatísticas aplicadas a experimentação animal*. Belo Horizonte: FEP/MVZ, 1998. 221p.
- ROSELER, D.K., FERGUNSON, J.D., SNIFFEN, C.J. et al. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk non protein nitrogen in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v.76, n.2, p.525-534, 993
- SAS Institute Inc. SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.
- SCHINGOETHE, D. J. Dietary influence on protein level in milk and milk yield in dairy cows. *Animal Feed Science Technology*, v.60, p.181-190, 1996.
- SFORCINI, M.P.R.; MISSIO, R.L.; OLIVEIRA, M.D.S. et al. Análise econômica da alimentação de novilhas Nelore com cana de açúcar hidrolisada submetida a diferentes tempos de armazenamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, Salvador. *Anais...* Salvador: UFBA, 2010. CD-ROM
- TEIXEIRA JÚNIOR, D.J. *Hidrólise da cana de açúcar com cal virgem e cal hidratada micropulverizadas na alimentação de vacas leiteiras*. 2008. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- VAN SOEST, P. J. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VILELA, H. Melão em pó com volumosos na alimentação de éguas em reprodução. *Artigos científicos*, 2007. Disponível em: <http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_melaco_po_eguas_reproducao.htm/>. Acesso em: 11 jun. 2007.

Capítulo 6

Comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir recebendo dietas contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio

Intake behavior of Holstein x Gyr lactating dairy cows receiving diets containing sugarcane treated or not with calcium oxide

RESUMO

Avaliaram-se o consumo de MS e FDNcp, o comportamento ingestivo em vacas Holandês x Gir em lactação, alimentadas com dietas a base de cana de açúcar contendo os seguintes níveis de inclusão de óxido de cálcio (CaO) na MN: 0%, 0,5%; 1,0% e 2,0%, sendo a cana tratada fornecida após 24h. O comportamento ingestivo foi avaliado baseando-se nas atividades de alimentação e ruminação (expressas em minutos/dia, minutos/kg MS e minutos/kg FDNcp), na atividade de ócio (expressa em minutos/dia) e na distribuição dessas atividades em 24 horas diárias. O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão. Realizou-se três períodos de avaliação, com três repetições por tratamento, totalizando 12 animais em cada período. O consumo de MS e FDNcp, em kg/dia, foram reduzidos com o aumento de inclusão de CaO. Não houve variação do comportamento ingestivo entre os tratamentos. A distribuição das atividades consideradas para avaliação desse parâmetro também não variaram entre os tratamentos. A adição de CaO em diferentes níveis de inclusão comparada a dieta à base de cana de açúcar *in natura* reduz o consumo de MS e FDNcp, mas não altera o comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir.

Palavras-Chave: álcali, bovino, consumo, hidrólise, *Sacharum officinarum*

ABSTRACT

Dry matter and NDFcp intake were evaluated in Holstein x Gyr lactating dairy cows fed with sugarcane diets containing different levels (0%, 0.5%; 1.0% and 2.0% in as-fed diet) of calcium oxide (CaO). Intake behavior was evaluated based on feeding and rumination activities (expressed as min/day, min/kg of DM and min/kg NDFcp) and in resting (min/day) and in the distribution of these activities in 24 hours. It was used a switchback design, with three evaluation periods, containing three observations per treatment, in a total of 12 animals per period. Dry matter and NDFcp intake, in Kg/day, were reduced as the levels of CaO were enhanced. Alteration in intake behavior was not observed among treatments, as well as the distribution of activities considered for evaluation of this parameter. The addition of different levels of CaO to sugarcane diets, in comparison to a diet containing only sugarcane in natura reduces the DM and NDFcp intake but does not alterate the intake behavior of Holstein x Gyr lactating cows.

Keywords: *alkali, bovine, hydrolysis, intake, Sacharum officinarum*

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do comportamento ingestivo é uma ferramenta de grande importância na avaliação das dietas, pois possibilita ajustar o manejo alimentar dos animais para obtenção de melhores desempenhos produtivos (Cardoso et al., 2006).

Os ruminantes adaptam-se às diversas condições de alimentação, manejo e ambiente, modificando seus parâmetros de comportamento ingestivo para alcançar e manter determinado nível de consumo, compatível com as exigências nutricionais.

O comportamento ingestivo dos animais também é influenciado pela estrutura física e pela composição química das dietas (Carvalho et al., 2004).

De acordo com Silva et al. (2004), os fatores que afetam o comportamento ingestivo estão ligados ao alimento, ao ambiente e ao animal. Neste sentido, Van Soest (1994) relatou que animais estabulados gastam aproximadamente uma hora consumindo alimentos ricos em energia ou até mais de seis horas para fontes com baixo teor de energia. O tempo despendido em ruminação é influenciado pela natureza da dieta e, provavelmente, é proporcional ao teor de parede celular dos volumosos, de modo que, quanto maior o teor de fibra na dieta, maior o tempo despendido em ruminação.

A cana de açúcar é um dos volumosos mais utilizados pelos pecuaristas por apresentar facilidade de estabelecimento, produção semiperene, alta produtividade de matéria seca (MS) e valor nutritivo praticamente inalterado durante a seca. As pastagens, no período da seca, apresentam-se com baixa disponibilidade de forragem e deficientes em energia, proteína e minerais, ao passo que a cana madura, nessa época do ano, contém mais de 31% de sacarose (%MS), o que a torna alternativa viável para alimentação de bovinos, nos países tropicais. A cana pode produzir mais de 200t de matéria verde (MV) por hectare (ha) e sua renovação torna-se necessária somente a partir do quarto ou quinto ano. Apresenta boa aceitabilidade pelos animais, além de ter custo de produção relativamente baixo (Thiago, 2002). À medida que a cana amadurece, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) reduzem-se, contrariamente ao observado para as demais forrageiras. Esse declínio pode ser explicado pela redução do percentual dos constituintes da parede celular em decorrência do acúmulo de carboidratos solúveis (Freitas et al., 2006).

Quando a forragem apresenta alto teor de FDN, como as forrageiras cortadas em idades avançadas ou quando a fibra apresenta baixa digestibilidade, como a da cana de açúcar (Boin et al., 1987), podem-se utilizar substâncias químicas visando melhorar a digestibilidade e a disponibilidade de nutrientes para os animais. Vários estudos têm demonstrado que o tratamento de materiais fibrosos com álcali melhora sua digestibilidade.

A cal micropulverizada, encontrada nas formas de CaO e Ca(OH)₂, que apresenta baixos teores de magnésio (Mg), dioxinas e furanos, surge como alternativa segura e de baixo custo. Já existem produtos certificados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para alimentação animal.

O presente trabalho foi conduzido para avaliar o consumo e o comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir alimentadas com dietas a base de cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio com diferentes níveis de inclusão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local

O experimento foi realizado no Campo Experimental fazenda Santa Mônica pertencente à Embrapa Gado de Leite, localizada na cidade de Valença, na região do Vale do Paraíba, no estado do Rio de Janeiro (RJ).

2.2. Período experimental

O ensaio foi dividido em três períodos. Em cada período houve a adaptação dos animais às dietas experimentais e as instalações, composto por 14 dias, enquanto na segunda fase, composta por cinco dias, foram realizadas as coletas de amostras das dietas oferecidas, sobras de alimento.

2.3. Animais utilizados e instalações experimentais

Foi realizado um ensaio para determinar o consumo com 12 vacas em lactação, sendo três animais por tratamento em cada período experimental. Para divisão dos animais nos tratamentos foram considerados a homogeneidade em relação à produção de leite, a fase da lactação, a ordem de parto, o peso vivo e o escore corporal.

As vacas em lactação possuíam composição genética 7/8 Holandês x Gir, idade média de 104 meses, peso médio de 486 kg, ordem de parto variando de dois a sete, produção média de leite de 10,4 kg e 71 dias em lactação, no início do experimento.

Os animais foram previamente identificados com brincos numéricos, sendo estes provenientes da própria fazenda. Estes foram mantidos em regime de confinamento, em um único galpão de alvenaria, cuja cobertura era de telhas de amianto e pisos de concreto. Eles foram cabresteados e amarrados aos cochos em sistema tipo “Tiestall”, disponibilizando assim um cocho e um bebedouro (automático) individual. Devido à disposição do curral (norte-sul) os animais recebiam luminosidade por igual. A limpeza dos pisos era realizada três vezes ao dia, fazendo-se a remoção das fezes. Foram pesados no início e término do experimento, sendo todos submetidos ao controle de endo e ectoparasitas. Todos estavam com as vacinações em dia (aftosa, raiva e brucelose).

2.4. Cana de açúcar, tratamentos e arraçamento

A variedade da cana de açúcar utilizada no experimento foi a RB 73-9735. O plantio ocorreu em janeiro 2006. A exigência de solo é de mediana fertilidade. Essa variedade possui alta produtividade, estimada em 150t/ha, maturação mediana, florescimento raro, ausência de joçal, com época de colheita de junho a outubro. O experimento foi realizado de agosto a outubro de 2007, sendo utilizado o primeiro corte do canavial. A cana de açúcar utilizada apresentou grau Brix de 22.

O cálculo das dietas experimentais foi feito utilizando os dados de requerimentos nutricionais do NRC (1989). As dietas eram isoproteicas.

Foram avaliadas quatro dietas experimentais contendo cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio.

Os tratamentos foram:

0,0: Cana de açúcar + concentrado**

0,5: Cana de açúcar + **0,5% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

1,0: Cana de açúcar + **1,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

2,0: Cana de açúcar + **2,0% de inclusão de óxido de cálcio*** + concentrado**

*Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçamento do dia.

** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN, no momento do arraçamento.

Na Tabela 6.1. está a composição dos ingredientes do concentrado utilizado nas dietas experimentais.

Tabela 6.1. Composição dos ingredientes, em porcentagem da matéria natural, do concentrado

Ingredientes	%
Farelo de Soja	50
Fubá de Milho	42
Mistura de Ureia + Sulfato de amônio (9:1)	5
Mistura Mineral	3

Na Tabela 6.2. estão a composição da mistura mineral e do óxido de cálcio em microminerais e macrominerais.

Tabela 6.2. Composição mineral do óxido de cálcio e da mistura mineral, expressa em porcentagem da matéria seca para os macrominerais e em partes por milhão (ppm) para os microminerais

	Mistura Mineral	Óxido de Cálcio	
Macrominerais (%)	Ca	9,6	44,5
	Mg	1,0	0,3
	P	8,7	2,9
	K	0,08	0,05
Microminerais (ppm)	Cu	1254	41
	Zn	4228	73
	Fe	5258	1388
	Mn	427	128

Ca = cálcio; Mg = magnésio; P = fósforo; K = potássio; Cu = cobre; Mn = manganês; Fe = ferro e Zn = zinco.

A cana de açúcar utilizada era disponibilizada pela propriedade, enquanto que a cal utilizada foi fornecida pela empresa Ical Energética.

A cana de açúcar foi finamente moída durante a manhã, em picadeira acoplada ao trator, transportada para as instalações experimentais, pesada para avaliar a quantidade da mistura e espalhada em piso cimentado em galpão coberto. Adicionava-se o óxido de cálcio (CaO) em porcentagem de 0,5; 1,0 e 2,0% na MN, a seco, sendo o material homogeneizado, e armazenado por 24h para ação ao agente alcalino e o tratamento sem adição de CaO era fornecido imediatamente aos animais.

Na Tabela 6.3 estão evidenciados os valores de MO, EE, FDN, FDNcp, FDA, Cel, HCel, PB, Ca e P das dietas experimentais.

Tabela 6.3. Composição química das dietas experimentais, expresso em porcentagem da matéria seca (%MS)

Nutriente	Nível de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural)			
	0,0	0,5	1,0	2,0
MS*	33,18	33,38	34,52	35,34
MO	88,63	85,30	83,29	80,10
EE	1,40	1,33	1,13	0,98
CSDN	46,13	43,33	42,91	41,22
FDN	33,00	33,90	32,84	32,51
FDNcp	31,75	32,02	30,95	29,92
FDA	23,27	19,53	20,77	19,84
Lig	4,71	3,39	4,03	3,62
Cel	18,57	16,14	16,74	16,22
Hcel	9,72	14,37	12,07	12,67
PB	9,35	8,63	8,30	7,99
Cinzas	11,37	14,70	16,71	19,90
Ca	0,30	1,19	2,01	3,55
P	0,19	0,18	0,20	0,20
Ca/P	1,55	6,58	10,70	19,77

MS = matéria seca, *expresso em porcentagem da matéria natural; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; CSDN = carboidratos solúveis em detergente neutro; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDNcp = fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; Lig = ligninas; Cel = celulose; HCel = hemiceluloses; PB = proteína bruta; Ca = cálcio; P= fósforo; Ca/P = relação cálcio e fósforo. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

A dieta era fornecida aos animais duas vezes ao dia, às 8h e às 15h, em quantidades suficientes para que houvesse 15% de sobras, havendo assim a necessidade de se realizar o ajuste diário das quantidades oferecidas.

2.5. Procedimentos amostrais e análises laboratoriais

Em cada fase do ensaio de reversão, a dieta oferecida foi amostrada diariamente, antes dos arraçoamentos da manhã e da tarde. As sobras foram pesadas e amostradas diariamente pela manhã, imediatamente antes do primeiro arraçoamento do dia.

Todas as amostras coletadas do material fresco (oferecido e sobras) eram identificadas e imediatamente colocadas em estufa de ventilação forçada, com temperatura de 55°C por um período de 72 horas, para realização da pré-secagem das amostras. Após secagem, o material foi moído em moinho estacionário “Thomas Wiley”, modelo 4, dotado de peneira com porosidade de 5 mm. Posteriormente as amostras foram moídas com peneiras de porosidade de 1mm, e acondicionadas em recipientes plásticos bem fechados, com identificações nas tampas e nas laterais, para a realização de análises posteriores.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos (LAA) da Embrapa Gado de Leite, localizado no município de Juiz de Fora (MG).

Foram determinados os teores de MS a 105°C, cinzas insolúveis em detergente neutro, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) nos alimentos e sobras, de acordo com Silva & Queiroz (2002). Foram determinados os teores de FDNcp (Van Soest et al., 1991).

Após 14 dias de adaptação às dietas experimentais foi feita a avaliação do comportamento ingestivo dos animais no 17º dia experimental de cada período. As vacas leiteiras em lactação foram observadas individualmente. Na avaliação do comportamento ingestivo dos animais, os mesmos foram submetidos a períodos de observação visual durante 24 horas, em intervalos de 10 minutos (Moraes, 2006), para avaliação dos tempos de alimentação, ingestão de água, ócio e ruminação, sendo obtidas médias de cada atividade. Durante a observação noturna, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

2.6. Procedimentos estatísticos

O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão. Foram utilizados quatro tratamentos com três repetições, totalizando 12 animais, em cada período. Foram três períodos de avaliação. As médias foram comparadas pelo teste T de Student ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Foi utilizado para as análises o programa estatístico SAS (2002). Embora a análise de um ensaio de reversão com quatro tratamentos apresente apenas oito graus de liberdade para o erro, o grande controle da variação individual obtido pelos contrastes prognostica o valor reduzido s^2_e , o que de certo modo contrabalança a fragilidade amostral (Sampaio, 1998).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 6.4 estão os valores de consumo de MS e FDNcp e do comportamento ingestivo medido pelas atividades de alimentação, ruminação e ócio nos diferentes tratamentos.

Tabela 6.4. Avaliação do comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir, expresso em minutos por dia (min/dia) gastos com alimentação, ruminação e ócio, minutos por quilo de matéria seca (min/kg MS) e quilos de fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (min/kg FDNcp) gastos na alimentação e ruminação nos diferentes tratamentos

Parâmetro	Níveis de inclusão de óxido de cálcio (% da matéria natural da dieta)				CV(%)
	0,0	0,5	1,0	2,0	
	Alimentação				
Min/dia	332a	302a	279a	278a	17,4
Min/kg MS	30a	29a	29a	33a	17,6
Min/kg FDNcp	100a	95a	102a	119a	17,9
	Ruminação				
Min/dia	526a	570a	558a	533a	11,4
Min/kg MS	46b	55ab	58a	63a	12,9
Min/kg FDNcp	154c	181bc	203ab	226a	13,3
	Ócio				
Min/dia	466a	454a	489a	527a	13,8

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem pelo teste T de Student ($P < 0,05$). CV= Coeficiente de variação. 0,0: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arração do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN. Min.= minutos; MS= matéria seca; FDNcp = Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CMS = Consumo de matéria seca; CFDNcp = Consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

O consumo de MS e FDNcp, em kg/dia, reduziram com o aumento de inclusão de CaO (Campos, 2010).

O comportamento ingestivo medido pelas atividades de alimentação, ruminação e ócio, expresso em min/dia; e pelas atividades de alimentação e ócio, expresso em min/kg MS e em min/kg FDNcp não tiveram diferença nos diferentes tratamentos. Os animais do tratamento com adição de 2,0% de CaO tiveram menos tempo gasto com ingestão de água quando comparados aos animais que receberam as dietas de cana *in natura* e com adição de 0,5% de CaO.

As atividades diárias são caracterizadas por três comportamentos básicos: alimentação, ruminação e ócio. Sua duração e distribuição podem ser influenciadas pelas características da dieta, manejo, condições climáticas e atividade dos animais do grupo (Fischer et al., 1997).

Albright (1993) enfatizou a importância do comportamento ingestivo para o sistema de produção animal, relatando que, além de contribuir para as práticas de manejo e dimensionamento das instalações, qualidade e quantidade da dieta, no caso de animais em lactação, o mesmo poderá ser aplicado ainda para elucidar os problemas decorrentes da diminuição de consumo em épocas críticas para a produção de leite, como a fase inicial de lactação.

Apesar do tempo gasto em min/dia na atividade de ruminação não ter sido diferente entre os tratamentos, houve aumento do tempo gasto em min/kg MS e min/kg FDNcp com o aumento dos níveis de inclusão de CaO, esse aumento dos valores destas atividades são consequência do menor consumo de MS e de FDNcp desses animais, já que o tempo total em ruminação foi semelhante entre as dietas experimentais.

Dado e Allen (1995) enfatizam que o número de períodos em que se observa a ruminação eleva-se com o aumento do teor de fibra, refletindo a necessidade de processar a digesta ruminal, a fim de maximizar a eficiência digestiva. O tamanho de partícula constitui fator que exerce grande influência nos tempos despendidos nas atividades, principalmente as de ruminação e mastigação, as quais são potencializadas para manter a eficiência na redução das partículas dos alimentos (Van Soest, 1994).

Ruminantes confinados ajustam o comportamento alimentar incrementando o número de refeições e o número de períodos de ruminação (número/dia) para compensar a menor taxa de digestão em alimentos com elevada fração fibrosa de baixa digestibilidade, como é o caso da cana de açúcar (Mendes Neto et al., 2007).

De acordo com Thiago et al. (1992), cada um dos processos comportamentais digestivos é resultado de uma complexa interação entre metabolismo do animal e propriedades físicas e químicas da dieta, sendo determinantes da eficiência da utilização do alimento pelo animal.

Pancoti (2009) estudou o efeito de diferentes tempos de exposição (zero, 24, 48 e 72 horas) do CaO em 1% na MN, na cana de açúcar, com níveis de 1% na MN da mistura de ureia e sulfato de amônio, com relação (9:1), em novilhas Holandês x Zebu, variando de 1/4 a 7/8 de grau de sangue Holandês. Não houve efeito do tempo de exposição à cana de açúcar ao óxido de cálcio sobre os parâmetros de alimentação, ruminação, mastigação, ingestão de água e ócio. Em atividade de alimentação foram gastos 324 min/dia, em ruminação 548 min/dia e em ócio 549 min/dia, valores próximos aos encontrados no presente estudo.

Miranda et al. (1999) encontraram valores de 318,6 min/dia em atividade de alimentação e 589,2 min/dia em atividade de ruminação, em novilhas Holandês x Zebu, alimentadas com cana de açúcar e ureia, sendo estes resultados também semelhantes aos encontrados no presente experimento.

Nos Gráficos 6.1, 6.2 e 6.3 tem-se a distribuição do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, respectivamente, expressos em porcentagem, em oito períodos de três horas, durante às 24 horas do dia, em função dos tratamentos. Nos períodos de 07 às 08 horas e de 14 às 15 horas, os animais estavam sendo ordenhados e não houve avaliação do comportamento ingestivo.

Observa-se em todos os Gráficos que, independente do tratamento, a distribuição das atividades do comportamento ingestivo têm o mesmo comportamento.

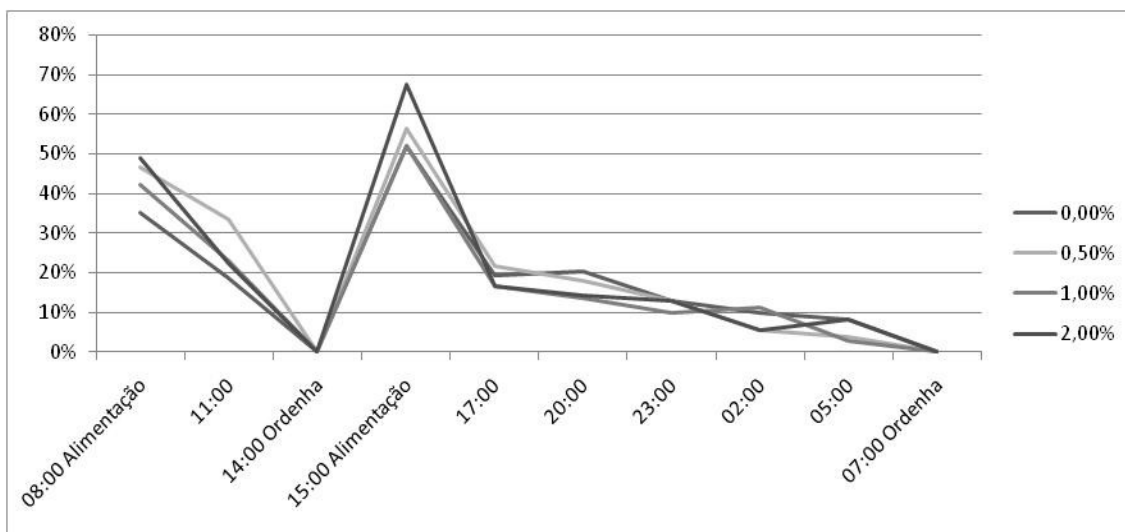


Gráfico 6.1. Distribuição do tempo despendido em alimentação (%), em oito períodos de três horas nas 24 horas diárias, em função das dietas experimentais

0,0%: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5%: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0%: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0%: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN. *As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

Observa-se no Gráfico 6.1. a ocorrência de picos de alimentação durante os períodos de fornecimento das dietas (8 e 15 horas). Há uma grande semelhança na distribuição do tempo em alimentação entre os diferentes tratamentos. Essa observação confirma o estímulo do fornecimento de alimentos sobre a atividade de ingestão, conforme observado por Fischer et al. (1998) e Pancoti (2009), e a concentração da atividade ingestiva durante o período diurno, como verificado por Miranda et al. (1999).

Campos (2007), trabalhando com ovinos alimentados com cana de açúcar acrescida de 0,6% de CaO e 0,99% da mistura de ureia e sulfato de amônio, encontrou picos de alimentação no período de 8 às 10 horas e de 16 às 19 horas, horários em que eram distribuídas as dietas experimentais.

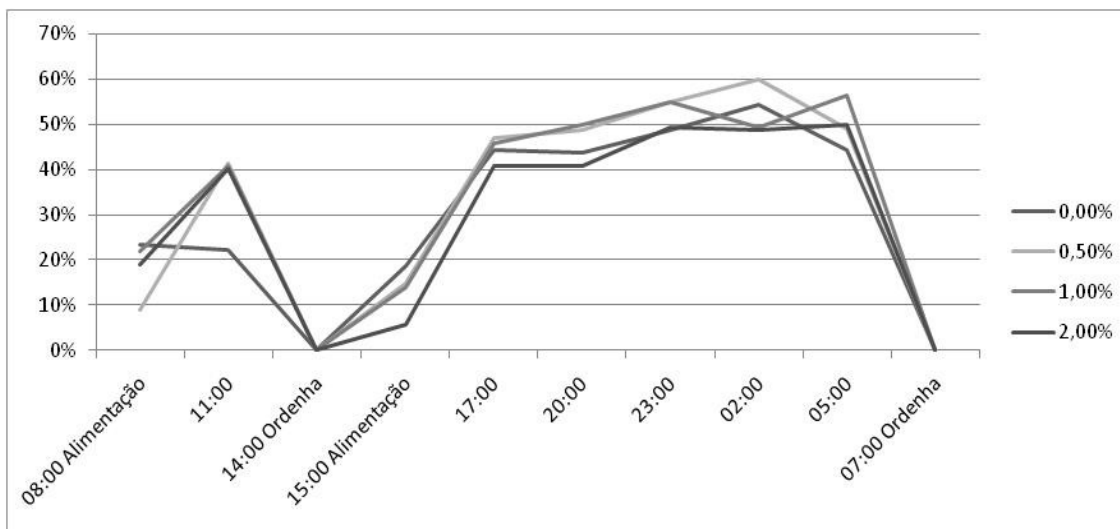


Gráfico 6.2. Distribuição do tempo despendido em ruminância (%), em oito períodos de três horas nas 24 horas diárias, em função das dietas experimentais

0,0%: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5%: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0%: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0%: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN.*As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

Observa-se grande concentração da atividade de ruminância no horário de 11 às 14h e nos períodos da noite e da madrugada, em todos os tratamentos. Observou-se que após o período de fornecimento das dietas (às 8h e às 15h), ocorreu aumento da atividade de ruminância, em todos os tratamentos.

Polli et al. (1996) relataram que a distribuição da atividade de ruminância é bastante influenciada pela alimentação, já que a ruminância se processa logo após os períodos de alimentação, quando o animal está tranqüilo.

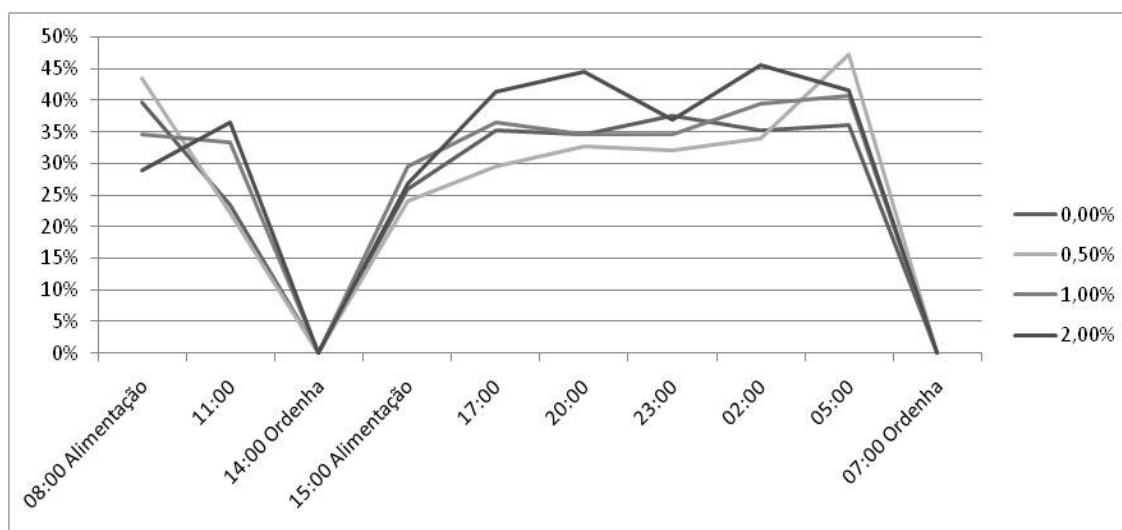


Gráfico 6.3. Distribuição do tempo despendido em ócio (%), em oito períodos de três horas nas 24 horas diárias, em função das dietas experimentais

0,0%: Cana de açúcar + concentrado**; 0,5%: Cana de açúcar + 0,5% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 1,0%: Cana de açúcar + 1,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**; 2,0%: Cana de açúcar + 2,0% de inclusão de óxido de cálcio* + concentrado**. *Os tratamentos com inclusão de óxido de cálcio foram preparados 24 horas antes do primeiro arraçoamento do dia. ** Foi fornecido 1kg de concentrado para cada 10kg de cana de açúcar na MN. *As porcentagens de inclusão de óxido de cálcio e do concentrado foram feitas em porcentagem da MN.

Como pode ser observado no Gráfico 6.3, a atividade de ócio foi bem distribuída durante todo o período diário em todos os tratamentos.

As atividades de alimentação, ócio e ruminação, nem a distribuição do tempo para essas atividades nas 24 horas diárias, foram afetadas pela adição de óxido de cálcio em diferentes níveis de inclusão comparada a dieta à base de cana de açúcar *in natura*.

4. CONCLUSÕES

A adição de óxido de cálcio em diferentes níveis de inclusão comparada a dieta à base de cana de açúcar *in natura* não altera o comportamento ingestivo de vacas em lactação Holandês x Gir.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT, J. L. Feeding behavior of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.2, p.485-498, 1993.

- BOIN, C.; MATTOS, W. R. S.; D'ARCE, R. D. Cana de açúcar e seus subprodutos na alimentação de ruminantes. In: PARANHOS, S. B. (Coord.). *Cana de açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.2, p.805-850.
- CAMPOS, M.M. *Cana de açúcar tratada ou não com óxido de cálcio na alimentação de fêmeas bovinas leiteiras*. 2010. 130f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CAMPOS, M. M. *Valor nutritivo da cana de açúcar adicionada ou não com óxido de cálcio com diferentes níveis de ureia em ovinos*. 2007. 67p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- CARDOSO, A. R.; CARVALHO, S.; GALVANI, D. B. et al. Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro *Ciência Rural*, v.36, n.2, 2006.
- CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R. et al. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.9, p.919-925, 2004.
- DADO, R.G., ALLEN, M.S. Intake limitation, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.*, 78(1): p. 118-133, 1995.
- FISCHER, V. et al. Padrões nictemerais do comportamento ingestivo de ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.2, p.362-369, 1998.
- FISCHER, V.; DESWYSEN, A.G.; DESPRES, L. et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta à base de feno durante um período de seis meses. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.5, p.1032-1038, 1997.
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G.; LEONEL, F. de P.; Características da silagem de cana de açúcar tratada com inoculante bacteriano e hidróxido de sódio e acrescida de resíduo da colheita de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n1, p.48-59, 2006.
- MENDES NETO, J.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com polpa cítrica em substituição ao feno de capim-tifton 85. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 3, p. 618-625, 2007.
- MIRANDA, L.F. et al. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.3, p.614-620, 1999.
- MORAES, K.A.K de. *Desempenho produtivo de novilhas de corte alimentadas com cana de açúcar tratada com óxido de cálcio e diferentes ofertas de concentrado*. 2006, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of the dairy cattle. 6.ed. Washington, D.C., 1989. 158p.
- PANCOTI, C.G. *Cana de açúcar tratada com óxido de cálcio, em diferentes tempos de hidrólise, na alimentação de novilhas Holandês x Zebu*. 2009. 101p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.
- POLLI, V.A., RESTLE, J., SENNA, D.B. et al. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. *R. Soc. Bras. Zootec.*, v.25, n.5, p.987-993, 1996.

SAS Institute Inc. SAS® User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2002.

SAMPAIO, I. B. M. *Análises estatísticas aplicadas a experimentação animal*. Belo Horizonte: FEP/MVZ, 1998. 221p.

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

SILVA, R. R.; MAGALHÃES, A. F.; CARVALHO, G. G. P. et al. Comportamento ingestivo de novilhas mestiças de holandês suplementadas em pastejo de brachiaria decumbes. Aspectos metodológicos. *Revista Electrónica de Veterinaria*, v.5, n.10, p.1-7, 2004.

THIAGO, L.R.L. de S.; VIEIRA, J.M. Cana de açúcar: uma alternativa de alimento para a seca. Campo Grande: EMBRAPACNPGC, 2002. 5p. (EMBRAPA-CNPGC. Comunicado Técnico, 73).

THIAGO, L.R.L., GILL, M., SISSONS, J.W. 1992. Studies of conserving grass herbage and frequency of feeding in cattle. *Br. J. Nutr.*, v.67, n.3, p.339-336, 1992.

VAN SOEST, P. J. Nutricional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.74, n.10, p.3583-97, 1991.