

Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Brasil

Lima, Milton L. M.; de Carvalho, Eduardo R.; Mattos, Wilson R. S.; Nussio, Luiz G.; Castro, Flávio G.
F.; Amaral, Alliny das G.

Comparação da fibra em detergente neutro de forragens: Comportamento ingestivo e cinética ruminal

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, núm. 3, julio-septiembre, 2012, pp. 535-542

Universidade Federal Rural de Pernambuco
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024529025>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.3, p.535-542, jul.-set., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i3a1874

Protocolo 1874 - 13/10/2011 • Aprovado em 14/02/2012

Milton L. M. Lima¹

Eduardo R. de Carvalho²

Wilson R. S. Mattos³

Luiz G. Nussio^{3,6}

Flávio G. F. Castro⁴

Alliny das G. Amaral⁵

1 Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária, Campus II Samambaia, CEP 74001-970, Goiânia-GO, Brasil.

Fone: (62) 3521-1592 Ramal 22.

Fax: (62) 3521-1593.

E-mail: mllmlima2001@yahoo.com.br

2 Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, Rodovia GO 060, Km 01, Zona Rural, CEP 76200-000, Iporá- GO, Brasil.

Fone: (64) 3674-0400.

E-mail: eduardo.carvalho@ifgoiano.edu.br

3 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Zootecnia, Av. Pádua Dias, 11, Agronomia, CEP 13418900, Piracicaba-SP, Brasil. Caixa Postal 09.

Fone: (19) 3429-4134 Ramal 4134.

Fax: (19) 3429-4215.

E-mail: wrsmatto@esalq.usp.br;

nussio@esalq.usp.br

4 Agrocria Comércio e Indústria Ltda, Avenida Castelo Branco, 2309, Setor Coimbra, CEP 74530-510, Goiânia-GO, Brasil.

Fone: (62) 3235-4000 Ramal 4030.

Fax: (62) 3233-0056.

E-mail: flcastro@agrocria.com.br

5 Universidade Estadual de Goiás, Rua da Saudade, com viela B, 56, Vila Eduarda, CEP 76100-000, São Luis de Montes Belos-GO, Brasil. Fone: (64) 3671-1467.

E-mail: alliny.amaral@ueg.br

6 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

Comparação da fibra em detergente neutro de forragens: Comportamento ingestivo e cinética ruminal

RESUMO

Objetivou-se, aqui, determinar os efeitos da substituição parcial da fibra em detergente neutro (FDN) da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar *in natura* ou cana-de-açúcar tratada com NaOH ou feno de alfafa, sobre o comportamento ingestivo, consistência da camada flutuante da digesta ruminal e taxa de passagem em vacas lactantes da raça Holandesa canuladas no rúmen e no duodeno, distribuídas em delineamento quadrado latino 5 × 5, pelo tempo de 65 dias. Utilizaram-se duas dietas controle, uma com baixo (SMB = silagem de milho baixa; controle negativo) e outra com alto (SMA = silagem de milho alta; controle positivo) teor de FDN de forragem (SMB com 14% e SMA com 22% de FDN da silagem de milho). Três rações experimentais foram balanceadas para conter 14% de FDN da silagem de milho e 8% de FDN da cana-de-açúcar *in natura* (CAN) ou cana-de-açúcar + NaOH (CAS) ou feno de alfafa (FA). Ocorreram redução ($P < 0,01$) no tempo gasto com ruminação e mastigação na dieta SMB, redução ($P < 0,05$) na espessura da camada flutuante da digesta ruminal nas dietas SMB e SMA e aumento ($P < 0,05$) na taxa de passagem da cana-de-açúcar *in natura* (CAN), cana-de-açúcar + NaOH (CAS) e feno de alfafa (FA). Concluiu-se que a substituição de 8% de FDN da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar *in natura* é recomendável em vacas leiteiras no terço médio da lactação.

Palavras-chave: alimentação, digesta ruminal, mastigação, passagem, ruminação

Comparison neutral detergent fiber of forage: Feeding behavior and rumen kinetics

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effects of the partial substitution of corn silage NDF by sugar-cane NDF or sugar-cane treated with NaOH NDF or alfalfa hay NDF, on feeding behavior, ruminal mat consistency and passage rate of lactating Holstein cows cannulated in the rumen and duodenum, which were assigned in a 5×5 latin square design during 65 days. Two control diets were utilized, one with low (SMB = low corn silage; negative control) and another one with high (SMA = high corn silage; positive control) forage NDF concentration (SMB containing 14% and SMA with 22% forage NDF from corn silage). Three experimental rations were balanced to contain 14% corn silage NDF and 8% sugar-cane NDF (CAN) or sugar-cane treated with NaOH NDF (CAS) or alfalfa hay NDF (FA). There was reduction ($P < 0.01$) in rumination and chewing times in cows fed the SMB diet, reduction ($P < 0.05$) in the ruminal mat consistency in cows fed the SMB and SMA diets, and increase ($P < 0.05$) in the passage rate in cows fed sugar-cane (CAN), sugar-cane + NaOH (CAS) and alfalfa hay (FA) diets. It was concluded that replacing 8% corn silage NDF by sugar-cane NDF is recommended for midlactating dairy cows.

Key words: chewing, feeding, passage, ruminal digesta, rumination

INTRODUÇÃO

A fibra em detergente neutro (FDN) é um nutriente primário nas rações de vacas leiteiras pois, além de exercer influência no desempenho e no teor de gordura no leite, também estimula a atividade de mastigação e secreção de saliva. Assim, dietas para vacas em lactação devem conter uma concentração mínima de FDN para manter a função ruminal normal e evitar a ocorrência de distúrbios metabólicos (NRC, 2001).

Os limites de FDN nas rações de bovinos leiteiros são definidos não apenas por concentrações mínimas e máximas mas também por atributos físicos, químicos e biológicos dos alimentos. Portanto, dois conceitos foram desenvolvidos para o balanceamento de FDN considerando-se esses atributos complementares. Define-se por fibra efetiva (FDNe) a capacidade da FDN de um alimento de substituir a FDN de uma forragem (FDNf) mantendo inalterada a concentração de gordura no leite sendo, portanto, um atributo biológico. Por outro lado, a fibra fisicamente efetiva (FDNfe) consiste na FDN de determinado alimento com potencial de estimular a atividade mastigatória, ou seja, um atributo exclusivamente físico relacionado ao tamanho da partícula do alimento (Mertens, 1997). Desta forma, variações na digestibilidade da FDN e no tamanho da partícula dos alimentos alteram os valores de FDNe e FDNfe, respectivamente, influenciando o teor de gordura no leite e/ou a atividade de mastigação.

Variações na FDNfe de forragens vêm sendo avaliadas sobre as atividades de alimentação, ruminação, ócio e mastigação (De Boever et al., 1993a; De Boever et al., 1993b; Mooney & Allen, 1997; Clark & Armentano, 1999; Soita et al., 2000; Schwab et al., 2002), sendo que em três desses estudos ocorreu efeito da FDNfe da forragem sobre a atividade de mastigação (De Boever et al., 1993b; Mooney & Allen, 1997; Soita et al., 2000) porém nos demais a atividade de mastigação não foi alterada (De Boever et al., 1993a; Clark & Armentano, 1999; Schwab et al., 2002). Em outro estudo houve correlação significativa entre o teor de FDNfe da ração com as atividades de ruminação e mastigação (soma dos tempos entre alimentação e ruminação) mas não com a atividade de alimentação (Beauchemin et al., 2003).

A formação da camada flutuante da digesta ruminal é essencial na retenção de partículas de FDN potencialmente digestíveis, regulação da passagem de alimentos e estímulo à ruminação. A espessura e a compactação da camada flutuante da digesta ruminal foram utilizadas como medida indireta na avaliação da FDNfe da ração (Weidner & Grant, 1994). Welch (1982) desenvolveu uma metodologia para avaliar a consistência da camada flutuante da digesta ruminal baseada na taxa de ascensão de um peso inserido no saco ventral do rúmen e submetido à força constante de um peso externo. A menor taxa de ascensão do peso interno é um indicativo de maior espessura e empacotamento mais rígido da camada flutuante da digesta ruminal. Contrariamente, aumentos na taxa de ascensão do peso interno sugerem menor espessura e empacotamento menos rígido dessa camada. Assim, associada a outras medidas, como o teor de gordura do leite e monitoramento do comportamento ingestivo, a consistência da camada flutuante da digesta ruminal auxilia na explicação de variações na FDNfe.

A silagem de milho (*Zea mays*) e a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) representam duas das principais fontes de forragem para a alimentação de bovinos leiteiros durante o período de entressafra, no Brasil. A elevada produtividade, o baixo custo por unidade de MS e a manutenção do valor nutritivo por períodos prolongados, são argumentos frequentemente utilizados para justificar o emprego da cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros.

Neste contexto objetivou-se, nesse estudo, determinar os efeitos da substituição parcial da FDN da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar *in natura* (CAN) ou tratada com NaOH (CAS) sobre o comportamento ingestivo, consistência da camada flutuante da digesta ruminal e taxa de passagem de vacas em lactação. Como o feno de alfafa (*Medicago sativa*) vem sendo frequentemente utilizado como referência na avaliação da FDN de forragens, incluiu-se um tratamento adicional com feno de alfafa (FA) para comparação com a FDN das demais forragens (silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e tratada com NaOH).

MATERIAL E MÉTODOS

Animais, tratamentos e delineamento experimental

A pesquisa foi realizada no Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP, Piracicaba, SP) entre setembro de 1999 a janeiro de 2000. Utilizaram-se, neste estudo, cinco vacas da raça Holandesa canuladas no rúmen e no duodeno distribuídas em delineamento quadrado latino 5 × 5 não duplicado em que, no início desta pesquisa, se encontravam no terço médio da lactação. As vacas foram alojadas em baias individuais equipadas com comedouro e bebedouro, localizadas no galpão para ensaios metabólicos.

A silagem de milho (híbrido AG 1051) a cana-de-açúcar *in natura*, a cana-de-açúcar tratada com NaOH (canavial de quatro anos de idade cortado uma vez ao ano, variedade RB 72454) e o feno de alfafa, foram usados como forragem no balanceamento das cinco dietas experimentais (Tabela 1). Formularam-se as dietas para vacas em lactação com 612 kg de peso vivo produzindo 30 kg de leite/dia com 3,5% de gordura e 3,3% de proteína, conforme recomendações do NRC (2001).

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes das dietas experimentais

Table 1. Ingredient composition of the experimental diets

Item	SMB ¹	CAN ²	CAS ³	FA ⁴	SMA ⁵
Ingredientes, % da MS					
Silagem de milho	29,6	29,6	29,2	28,9	47,3
Milho triturado	51,8	34,6	33,9	36,9	35,1
Farelo de soja	15,6	18,3	18,0	5,6	14,4
Uréia	0,5	0,8	0,8	0,8	0,7
Suplemento mineral/vitaminico ⁶	2,5	2,5	2,5	2,6	2,5
Cana-de-açúcar		14,2			
Cana de açúcar + NaOH			15,6		
Feno de alfafa				25,2	

¹ SMB = silagem de milho baixa (14% FDNf de silagem de milho e 22% FDN total); ² CAN = cana-de-açúcar *in natura* (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ³ CAS = cana-de-açúcar + NaOH (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ⁴ FA = feno de alfafa (14% de FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de feno de alfafa e 28% FDN total); ⁵ SMA = silagem de milho alta (22% FDNf de silagem de milho e 28% FDN total); ⁶ Composição: 22% Ca, 5,5% P, 10,5% Cl, 7% Na, 3,5% Mg, 2,2% S, 50 ppm Co, 450 ppm Cu, 40 ppm I, 500 ppm Fe, 1.500 ppm Mn, 1.550 ppm Zn, 20 ppm Se, 90.000 UI vit. A, 75.000 UI vit. D e 1.000 UI vit. E

Balancearam-se as dietas visando obter níveis equivalentes de nutrientes, exceto para concentrações e fontes de FDNf, que foram alteradas de acordo com os tratamentos propostos.

Balanceou-se a dieta com baixa porcentagem de FDNf (SMB) para conter 14% de FDNf proveniente da silagem de milho e 22% de FDN total, e a dieta com alta porcentagem de FDNf (SMA) para conter 22% de FDNf oriundo da silagem de milho e 28% de FDN total. Essas dietas representaram, respectivamente, os controles negativo (SMB) e positivo (SMA), sendo comparadas com três dietas que continham 14% de FDNf originado da silagem de milho e 8% de FDNf proveniente da cana-de-açúcar *in natura* (CAN), 14% de FDNf proveniente da silagem de milho e 8% de FDNf proveniente da cana-de-açúcar tratada com NaOH (CAS) e 14% de FDNf proveniente da silagem de milho e 8% de FDNf proveniente do feno de alfafa (FA) perfazendo 28% de FDN total nessas três rações. Realizou-se o tratamento da cana-de-açúcar durante sua trituração utilizando-se uma solução comercial de hidróxido de sódio (NaOH 50% peso/volume) aplicada na proporção de 2% (peso/volume), com auxílio de um pulverizador acoplado ao equipamento de colheita (Kit hidrocan). Após a aplicação da solução com NaOH a cana-de-açúcar triturada permaneceu ao ar livre, pelo período de 24 horas, para permitir a hidrólise da parede celular.

Amostragens e análises laboratoriais

Conduziu-se o experimento por 65 dias divididos em cinco períodos de 13 dias, isto é, sete dias de adaptação às dietas experimentais e seis dias de coleta. Misturaram-se as rações manualmente, duas vezes ao dia, após pesagem dos alimentos, sendo fornecidas *ad libitum* em duas refeições diárias (06h00min e 18h00min). Pesaram-se as sobras diariamente antes da refeição da manhã e da tarde, com o objetivo do ajuste de sobras para 10% da quantidade oferecida a fim de garantir o máximo consumo voluntário de MS dos animais. Amostraram-se as forragens do oitavo ao décimo dia de cada período experimental. Congelaram-se as amostras a -4 °C, as quais foram, posteriormente, reunidas para formar uma amostra composta por animal e tratamento ao final de cada período de coleta.

Amostras das forragens, previamente descongeladas e secadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C, durante 48

horas e moídas em moinho tipo Wiley dotado com peneira de 1 mm (Wiley Mill; Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA), foram analisadas para determinação de MS, matéria mineral (MM) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo a AOAC (2000). Determinaram-se as concentrações de FDN e lignina sequencialmente, de acordo com Goering & Van Soest (1970). Utilizaram-se, na determinação de FDN, o sulfito de sódio e a amilase termoestável (Termamyl 120 L) e, na determinação de lignina, solução de H₂SO₄ 72%. Para determinação da FDN indigestível (FDNi) das forragens, amostras de 0,25 g previamente secadas em estufa de ventilação forçada a 65°C durante 48 horas e moídas em moinho tipo Wiley dotado com peneira de 1 mm (Wiley Mill; Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA), foram incubadas *in vitro*, durante 144 horas (Berchielli et al., 2000) e analisadas em seguida para determinação de FDN (Goering & Van Soest, 1970). Calculou-se a concentração de FDNpd das forragens pela seguinte equação: $FDNpd = [(FDN - FDNi)/FDN] \times 100$ (Tabela 2).

Determinou-se a distribuição do tamanho de partículas da silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar tratada com NaOH e feno de alfafa do oitavo ao décimo dia de cada período experimental, de acordo com Lammers et al. (1996). Amostras de 1,5 L das forragens foram colocadas na peneira superior de um conjunto separador de partículas (*Penn State Particle Separator*, Pennsylvania State University) dotado de duas peneiras (19 e 8 mm) e um fundo liso, para originar partículas longas (>19 mm), médias (<19, >8 mm) e curtas (<8 mm); em seguida, as amostras foram submetidas a oito sequências de cinco movimentos horizontais sendo que a cada sequência de cinco movimentos o conjunto de peneiras era rotacionado em 90° para assegurar que todos os tamanhos de partículas fossem distribuídos em suas respectivas peneiras. Considerou-se um movimento do conjunto de peneiras igual ao deslocamento horizontal de 17 a 26 cm. Ao final das oito sequências as frações das forragens retidas nas peneiras de 19 e 8 mm foram transferidas para bandejas, pesadas e secadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C, durante 48 horas, para cálculo da porcentagem de MS distribuída em cada peneira (Tabela 2).

Comportamento ingestivo

Monitoraram-se as vacas para avaliação do comportamento ingestivo no oitavo dia de cada período de coleta, durante

Tabela 2. Composição nutricional e distribuição do tamanho de partículas das forragens utilizadas nas dietas experimentais

Table 2. Nutrient composition and particle size distribution of the forages utilized in the experimental diets

Item	Silagem de milho	Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar + NaOH	Feno de alfafa
Composição nutricional				
MS, %	28,2	31,7	36,7	91,7
MM, % da MS	6,2	5,0	6,8	11,1
FDA, % da MS	23,9	32,2	33,6	25,9
FDN, % da MS	44,5	57,1	58,9	38,5
FDNi, % da FDN total	16,0	31,7	26,4	19,4
FDNpd, % da FDN total	64,0	44,5	55,2	49,7
Lignina, % da MS	2,0	4,6	4,5	6,0
Lignina, % da FDN	5,2	8,9	8,2	17,0
% da MS retida nas peneiras ¹				
Longas (>19 mm)	26,7	14,6	14,6	14,3
Médias (19, >8 mm)	51,8	66,0	67,3	24,5
Curtas (<8 mm)	21,5	19,4	18,1	61,2

MS = matéria seca, MM = matéria mineral, FDA = fibra em detergente ácido, FDN = fibra em detergente neutro, FDNi = fibra em detergente neutro indigestível (FDN residual após incubação *in vitro* por 144 horas); FDNpd = fibra em detergente neutro potencialmente digestível $FDNpd = [(FDN - FDNi)/FDN] \times 100$; ¹Distribuição do tamanho de partículas determinada conforme Lammers et al. (1996)

24 horas contínuas, utilizando-se o método de varredura instantânea (Martin & Bateson, 2007), inclusive durante as ordenhas, que foram realizadas sem a retirada das vacas das suas baias individuais. As atividades de alimentação, ruminação e ócio, foram monitoradas a cada cinco minutos, por meio de observação visual, sendo o tempo despendido em cada atividade (min/dia) calculado multiplicando-se o número total de eventos por cinco. Determinou-se o tempo de mastigação pela soma dos tempos de alimentação e ruminação. Os tempos despendidos com alimentação e mastigação por kg de MS e kg de FDN consumidos foram calculados dividindo-se o tempo total de cada uma dessas atividades pelo consumo diário de MS e FDN. Em relação aos tempos gastos com alimentação e ruminação da FDNf nas dietas SMB (controle negativo) e SMA (controle positivo), dividiu-se o tempo total de cada comportamento pelo consumo diário de FDN da silagem de milho; já para os tempos despendidos com FDNf nas dietas CAN, CAS e FA, dividiu-se o tempo total de cada atividade pela soma do consumo de FDN da silagem de milho e das outras forragens.

Consistência da camada flutuante da digesta ruminal

Avaliou-se a consistência da camada flutuante da digesta ruminal no nono dia dos períodos de coleta, após duas, quatro e seis horas de transcorrida a alimentação da manhã (Welch, 1982). Amarrou-se um metal de 500 g a um cordão de náilon inserido no saco ventral do rúmen através da cânula, uma hora antes de cada medição, atravessando a camada flutuante da digesta ruminal. Após o período de uma hora para estabilização da camada flutuante da digesta ruminal, fixou-se um metal de 1.500 g à outra extremidade do cordão de náilon, do lado de fora do rúmen, computando-se o tempo de ascensão do metal de 500 g até o ponto superior da camada flutuante da digesta ruminal e o deslocamento vertical do metal de 1.500 g. A taxa de ascensão do metal interno (cm.s^{-1}) foi calculada dividindo-se o deslocamento do metal externo (cm) pelo tempo (s) percorrido para atingir o ponto máximo superior da camada flutuante da digesta ruminal.

Taxa de passagem

Utilizou-se o cromo (Cr-mordente) na determinação da taxa de passagem da silagem de milho (Udén et al., 1980). Para determinação das taxas de passagem da cana-de-açúcar *in natura*, cana-de-açúcar tratada com NaOH e feno de alfafa, amostras dessas forragens foram marcadas com cloreto de itérbio ($\text{YbCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), utilizando-se o procedimento descrito por Bowman et al. (1991). Amostras dos alimentos marcados (± 200 g da silagem de milho e ± 100 g das demais forragens) foram introduzidas no rúmen, através da cânula, no décimo dia de cada período de coleta. Após a dosagem, misturou-se o conteúdo ruminal manualmente. Antes das dosagens coletaram-se amostras de fezes para determinação das concentrações de cromo (Cr) e itérbio (Yb), sendo esses valores usados para correção das concentrações nos demais tempos de coleta; em seguida, coletaram-se amostras de fezes (± 200 g) às 6; 12; 18; 25,5; 31,5; 37,5; 43,5; 48,0; 54, 60 e 72 horas após as dosagens, sendo congeladas para análises posteriores. As amostras de fezes, previamente secadas em estufa de ventilação

forçada a 65°C por 48 horas e moídas em moinho tipo Wiley dotado com peneira de 1 mm (Wiley Mill; Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA) foram analisadas para determinação de Cr e Yb no Laboratório de Instrumentação Nuclear/CENA/USP, através da técnica de fluorescência de raios X com dispersão de energia, de acordo com metodologia descrita por Nascimento Filho (1999). Determinaram-se as taxas de passagem pela regressão do logaritmo natural (ln) das taxas de contagem da porção descendente das curvas para cada elemento contra os tempos de coleta (Faichney, 1975).

Determinou-se a taxa de passagem de líquidos utilizando-se uma solução de 1 litro contendo 6 g de cobalto (Co) EDTA introduzida no rúmen, através da cânula, antes da alimentação da manhã, no décimo dia de cada período de coleta (Udén et al., 1980). Antes das dosagens coletaram-se amostras de fezes para determinação da concentração de Co, sendo este valor usado para correção das concentrações desse elemento nos demais tempos de coleta; em seguida, coletaram-se amostras de fezes (± 200 g) às 6; 12; 18; 25,5; 31,5; 37,5; 43,5; 48,0; 54, 60 e 72 horas após as dosagens, sendo congeladas para análises posteriores. Utilizaram-se os mesmos procedimentos descritos acima quanto ao preparo das amostras de fezes, análise da concentração de Co e determinação da taxa de passagem de líquidos das dietas experimentais.

Análise estatística

Procedeu-se à análise estatística por meio do procedimento de modelos mistos (PROC MIXED) do pacote estatístico do SAS (1999) adotando-se o seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + V_i + P_j + T_k + e_{ijk}$, em que: Y_{ijk} corresponde ao dado referente à i-ésima vaca, do j-ésimo período e do k-ésimo tratamento; μ corresponde à média geral observada; V_i corresponde ao efeito aleatório da i-ésima vaca; P_j corresponde ao efeito fixo do j-ésimo período; T_k corresponde ao efeito fixo do k-ésimo tratamento e e_{ijk} corresponde ao erro aleatório associado à i-ésima vaca, j-ésimo período e k-ésimo tratamento. Compararam-se os efeitos de tratamentos por meio dos seguintes contrastes ortogonais:

SMB vs. CAN, CAS e FA: comparar a dieta SMB (controle negativo) contendo 14% de FDNf da silagem de milho versus a inclusão de 8% de FDN de três forragens (CAN, CAS e FA) em uma dieta basal com 14% de FDNf da silagem de milho.

SMA vs. CAN, CAS e FA: comparar a dieta SMA (controle positivo) contendo 22% de FDNf da silagem de milho versus a inclusão de 8% de FDN de três forragens (CAN, CAS e FA) em uma dieta basal com 14% de FDNf da silagem de milho.

CAN e CAS vs. FA: comparar a inclusão de 8% de FDNf da cana-de-açúcar (*in natura* e tratada com NaOH) em uma dieta basal com 14% de FDNf da silagem de milho versus a inclusão de 8% de FDNf do feno de alfafa em uma dieta basal com 14% de FDNf da silagem de milho.

CAN vs. CAS: comparar a inclusão de 8% de FDNf da cana-de-açúcar *in natura* em uma dieta basal com 14% de FDNf da silagem de milho versus a inclusão de 8% de FDNf da cana-de-açúcar tratada com NaOH em uma dieta basal com 14% de FDNf da silagem de milho.

Analisaram-se os dados de consistência da camada flutuante da digesta ruminal nos diferentes horários de coleta,

utilizando-se o procedimento de medidas repetidas no tempo (REPEATED), com estrutura de covariância autorregressiva de primeira ordem [AR(1)] por meio do procedimento de modelos mistos (PROC MIXED) do pacote estatístico do SAS (1999). Adotou-se o nível de significância de 5% ($P < 0,05$) além de tendências de 10% ($P < 0,10$) entre os tratamentos. Os valores reportados nas Tabelas de resultados representam as médias dos quadrados mínimos e ao correspondente erro padrão da média (EPM).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento ingestivo

O tempo despendido com alimentação das vacas (min/dia e min/kg de MS) não diferiu ($P > 0,05$) entre as dietas com 22% de FDNf; mesmo assim, houve tendência ($P = 0,09$) de redução no tempo de alimentação (min/dia) na dieta SMB comparada aos animais que receberam as dietas CAN, CAS e FA. Não houve alteração ($P > 0,05$) no tempo gasto com alimentação expresso em unidade de FDN consumida (min/kg de FDN e min/kg de FDNf) entre as dietas com 22% de FDNf; entretanto, verificou-se aumento no tempo de alimentação na dieta SMB, tanto em min/kg de FDN ($P = 0,04$) quanto em min/kg de FDNf ($P < 0,01$), comparada às dietas CAN, CAS e FA, em função da menor concentração de FDN total e FDNf nesta dieta, apesar da tendência ($P = 0,09$) de diminuição no tempo de alimentação (min/dia) (Tabela 3).

Tal como no tempo despendido com alimentação, o tempo gasto com ruminação e mastigação (min/dia e min/kg de MS) não diferiu ($P > 0,05$) entre as dietas com 22% de FDNf mas houve redução ($P < 0,01$) no tempo de ruminação (min/kg de MS) e mastigação (min/dia e min/kg de MS) na dieta SMB, comparada com as dietas CAN, CAS e FA. Quando expressos em unidade de FDN consumida (min/kg de FDN e min/kg de FDNf) os tempos de ruminação e mastigação não diferiram ($P > 0,05$) entre as dietas com 14 ou 22% de FDNf.

Apesar de objetivos distintos ao presente estudo, Mendonça et al. (2004) também não observaram diferenças entre os tempos despendidos com alimentação e ruminação (expressos em horas/dia) em vacas leiteiras alimentadas exclusivamente com silagem de milho ou cana-de-açúcar como fonte de forragem na proporção de 60% do total da MS da ração.

A ausência de respostas entre as dietas com 22% de FDNf sobre a atividade de ruminação e mastigação sugere que esses tratamentos possuem FDNfe equivalentes. A atividade de mastigação também não foi afetada pela fonte de FDN nos experimentos em que as dietas foram balanceadas para concentrações equivalentes de FDN (Poore et al., 1993; Correa et al., 2000). Além disso, a manutenção nos tempos de ruminação e mastigação por unidade de FDN e FDNf em todas as dietas experimentais evidencia que vacas possuem um mecanismo adaptativo de compensação, na qual a ruminação se torna mais eficiente quando são fornecidas rações com concentrações de FDN distintas (Grant, 1997).

Consistência da camada flutuante da digesta ruminal

Houve resposta da concentração da FDN da silagem de milho sobre a consistência da camada flutuante da digesta ruminal (Tabela 4). Observou-se redução na consistência da camada flutuante da digesta ruminal na dieta SMB, após quatro ($P = 0,02$) e seis horas ($P < 0,01$) transcorridas a alimentação da manhã, resultando em redução ($P < 0,01$) na consistência da camada flutuante da digesta ruminal avaliada em todos os horários.

Verificou-se, também, redução ($P = 0,04$) na espessura da camada flutuante da digesta ruminal na dieta SMA após duas horas, transcorrida a alimentação da manhã, acarretando redução ($P = 0,04$) na consistência da camada flutuante da digesta ruminal avaliada em todos os horários. Esta combinação de resultados indica que como fonte única de forragem, a silagem de milho independente do teor de FDN na ração, reduz a rigidez da camada flutuante da digesta ruminal, comparada às rações com cana-de-açúcar e feno de alfafa.

Tabela 3. Efeito da substituição parcial da FDN da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar ou feno de alfafa sobre o comportamento ingestivo em vacas leiteiras

Table 3. Effect of the partial substitution of corn silage NDF by sugar-cane or alfalfa hay NDF on feeding behavior in dairy cows

Item	Dietas					EPM ⁶	P			
	SMB ¹	CAN ²	CAS ³	FA ⁴	SMA ⁵		SMB vs. CAN, CAS e FA	SMA vs. CAN, CAS e FA	CAN e CAS vs. FA	CAN vs. CAS
Alimentação										
Min/dia	213	258	237	242	256	30	0,09	NS	NS	NS
Min/kg MS	12,9	14,7	14,7	14,1	15,1	1,8	NS	NS	NS	NS
Min/kg FDN	61,5	53,1	52,6	51,0	55,2	6,6	0,04	NS	NS	NS
Min/kg FDNf	98	75	74	69	70	14	<0,01	NS	NS	NS
Ruminação										
Min/dia	266	403	406	395	368	32	0,09	NS	NS	NS
Min/kg MS	16,0	22,3	24,4	23,1	22,1	1,9	<0,01	NS	NS	NS
Min/kg FDN	76,5	81,2	90,6	84,6	81,4	7,7	NS	NS	NS	NS
Min/kg FDNf	122	115	126	116	105	12	NS	NS	NS	NS
Mastigação										
Min/dia	479	661	644	637	624	40	<0,01	NS	NS	NS
Min/kg MS	28,9	37,2	38,7	37,1	37,2	2,6	<0,01	NS	NS	NS
Min/kg FDN	138	135	144	136	136	10	NS	NS	NS	NS
Min/kg FDNf	220	191	200	186	175	16	NS	NS	NS	NS

¹ SMB = silagem de milho baixa (14% FDNf de silagem de milho e 22% FDN total); ² CAN = cana-de-açúcar *in natura* (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ³ CAS = cana-de-açúcar + NaOH (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ⁴ FA = feno de alfafa (14% de FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de feno de alfafa e 28% FDN total); ⁵ SMA = silagem de milho alta (22% FDNf de silagem de milho e 28% FDN total); ⁶ EPM = erro padrão da média; NS = não significativo ($P > 0,05$)

Tabela 4. Efeito da substituição parcial da FDN da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar ou feno de alfafa sobre a consistência da camada flutuante da digesta ruminal em vacas leiteiras**Table 4.** Effect of the partial substitution of corn silage NDF by sugar-cane or alfalfa hay NDF on ruminal mat consistency in dairy cows

Item	Dietas					EPM ⁶	P			
	SMB ¹	CAN ²	CAS ³	FA ⁴	SMA ⁵		SMB vs. CAN, CAS e FA	SMA vs. CAN, CAS e FA	CAN e CAS vs. FA	CAN vs. CAS
Taxa de ascensão, cm s ⁻¹										
2 horas	0,27	0,14	0,16	0,16	0,35	0,10	NS	0,04	NS	NS
4 horas	0,43	0,12	0,17	0,20	0,34	0,10	0,02	0,09	NS	NS
6 horas	0,73	0,14	0,22	0,24	0,30	0,11	<0,01	NS	NS	NS
Média	0,48	0,13	0,18	0,20	0,33	0,09	<0,01	0,04	NS	NS

¹ SMB = silagem de milho baixa (14% FDNf de silagem de milho e 22% FDN total); ² CAN = cana-de-açúcar *in natura* (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ³ CAS = cana-de-açúcar + NaOH (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ⁴ FA = feno de alfafa (14% de FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de feno de alfafa e 28% FDN total); ⁵ SMA = silagem de milho alta (22% FDNf de silagem de milho e 28% FDN total); ⁶ EPM = erro padrão da média; NS = não significativo (P>0,05)

Tabela 5. Efeito da substituição parcial da FDN da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar ou feno de alfafa sobre a taxa de passagem em vacas leiteiras**Table 5.** Effect of the partial substitution of corn silage NDF by sugar-cane or alfalfa hay NDF on passage rate in dairy cows

Item	Dietas					EPM ⁶	P			
	SMB ¹	CAN ²	CAS ³	FA ⁴	SMA ⁵		SMB vs. CAN, CAS e FA	SMA vs. CAN, CAS e FA	CAN e CAS vs. FA	CAN vs. CAS
Taxa de passagem, %/h										
Silagem de milho	2,3	3,8	3,3	3,6	3,3	0,5	0,03	NS	NS	NS
Forragens	2,3	3,6	4,3	4,9	3,3	0,5	<0,01	0,02	0,03	NS
Líquidos	6,5	7,9	8,3	6,4	6,4	1,0	NS	NS	0,07	NS

¹ SMB = silagem de milho baixa (14% FDNf de silagem de milho e 22% FDN total); ² CAN = cana-de-açúcar *in natura* (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ³ CAS = cana-de-açúcar + NaOH (14% FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de cana-de-açúcar e 28% FDN total); ⁴ FA = feno de alfafa (14% de FDNf de silagem de milho + 8% FDNf de feno de alfafa e 28% FDN total); ⁵ SMA = silagem de milho alta (22% FDNf de silagem de milho e 28% FDN total); ⁶ EPM = erro padrão da média; NS = não significativo (P>0,05)

Embora a massa de FDN indigestível (FDNi) no rúmen não tenha sido avaliada nesse experimento, as alterações na consistência da camada flutuante da digesta ruminal foram relacionadas, sem dúvida, com o aumento na massa de FDNi no rúmen nas dietas CAN, CAS e FA. Rinne et al. (2002) observaram aumento na massa de FDNi do conteúdo ruminal quando houve redução na digestibilidade da parede celular da forragem, o que ocasionaria aumento na espessura da camada flutuante da digesta ruminal.

Taxa de passagem

A taxa de passagem de sólidos foi alterada pela concentração e fonte de FDNf das dietas (Tabela 5). Houve redução (P=0,03) na taxa de passagem da silagem de milho na dieta SMB, em comparação com os mesmos 14% de FDNf provenientes da silagem de milho nas dietas CAN, CAS e FA. Em contrapartida, a taxa de passagem da cana-de-açúcar *in natura* (CAN), a cana-de-açúcar tratada com NaOH (CAS) e o feno de alfafa (FA) foram maiores do que a taxa de passagem da silagem de milho nos níveis de 14 e 22% de FDNf (P<0,01 e P=0,02, respectivamente). Houve aumento (P=0,03) na taxa de passagem na dieta com feno de alfafa (FA), comparada com as dietas CAN e CAS. A taxa de passagem de líquidos não foi afetada (P>0,05) pela concentração ou fonte de FDNf.

A redução na taxa de passagem da silagem de milho observada na dieta SMB foi determinada, provavelmente, pela tendência (P=0,09) de redução no tempo de ruminação expresso em min/dia e diminuição (P<0,01) no tempo de ruminação expresso em min/kg de MS (Tabela 3). Segundo Firkins et al. (1998), a redução no tamanho de partículas pela ruminação aumenta a probabilidade de passagem pelo orifício retículo-omasal. Esta hipótese parece ser confirmada pela correlação observada entre o tempo de ruminação e a taxa de

passagem das forragens avaliadas neste experimento (r=0,59; P<0,01; dados não reportados).

O aumento na taxa de passagem na dieta com feno de alfafa (FA) comparada com as dietas com cana-de-açúcar (CAN e CAS) pode ter sido determinado pela distribuição do tamanho de partículas e/ou pela densidade dessas forragens. Conforme Allen (1996), essas duas características foram responsáveis por dois terços da variação no tempo médio de retenção de partículas inertes no rúmen. Como a taxa e a extensão da digestão da FDNpd de um alimento dependem, dentre outros fatores, da sua densidade e se considerando que gramineas têm, geralmente, maior extensão porém menor taxa de digestão da FDNpd comparadas às leguminosas, é provável que as partículas da cana-de-açúcar presentes nas dietas CAN e CAS permaneceram flutuantes no rúmen por períodos mais prolongados, diminuindo, portanto, sua taxa de passagem.

CONCLUSÕES

Recomenda-se a substituição de 8% da FDN da silagem de milho pela FDN da cana-de-açúcar *in natura* na alimentação de vacas leiteiras em função da similaridade nas atividades de alimentação, ruminação e mastigação em relação às vacas alimentadas com a dieta SMA, e maior tempo despendido com ruminação (min/kg de MS) e mastigação (min/dia e min/kg de MS) comparado às vacas alimentadas com a dieta SMB.

LITERATURA CITADA

Allen, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v.74, n.12, p.3603-3075, 1996. <<http://www.journalofanimalscience.org/content/74/12/3063>>. 12 Sep. 2011.

- Association of official analytical chemists – AOAC. Official methods of analysis. 17.ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2000. 1298p.
- Beauchemin, K.A.; Yang, W.Z.; Rode, L.M. Effects of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation, and milk production. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.2, p.630-643, 2003. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203736418>>. 28 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73641-8.
- Berchielli, T.T.; Andrade, P.; Furlan, C.L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.3, p.830-833, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n3/5830.pdf>>. 10 Ago. 2011. doi:10.1590/S1516-35982000000300027.
- Bowman, J.G.; Hunt, C.W.; Kerley, M.S.; Paterson, J.A. Effects of grass maturity and legume substitution on large particle size reduction and small particle flow from the rumen of cattle. *Journal of Animal Science*, v.69, n.1, p.369-378, 1991. <<http://www.animal-science.org/content/69/1/369.full.pdf>>. 12 Sep. 2011.
- Clark, P.W.; Armentano, L.E. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.82, n.3, p.581-588, 1999. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299752707>>. 15 Sep. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75270-7.
- Correa, C.E.S.; Pereira, M.N.; Ramos, M.H.; Oliveira, S.G.; Ota, M. Performance of dairy cows fed corn silage differing in kernel texture or sugarcane as the dietary forage. *Journal of Dairy Science*, v.83, suplemento 1, p.119, 2000.
- De Boever, J.L.; De Brabander, D.L.; De Smet, A.; Vanacker, J.M.; Boucque, C.V. Evaluation of physical struture. 2. Maize silage. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.6, p.1624-1634, 1993a. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293774962>>. 12 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(93)77496-2.
- De Boever, J.L.; De Smet, A.; De Brabander, D.L.; Boucque, C.V. Evaluation of physical struture. 1. Grass silage. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.1, p.140-153, 1993b. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293773336>>. 12 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(93)77333-6.
- Faichney, G.J. The use of markers to partition digestion within the gastro-intestinal tract of ruminants. In: *International Symposium on Ruminant Physiology*, 4., 1975, Armidale. Proceedings... Armidale: University of New England, 1975, p.277-291.
- Firkins, J.L.; Allen, M.S.; Oldick, B.S.; St-Pierre, N.R. Modeling ruminal digestibility of carbohydrates and microbial protein flow to the duodenum. *Journal of Dairy Science*, v.81, n.12, p.3350-3369, 1998. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030298759016>>. 18 Jun. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(98)75901-6.
- Goering, H.K.; Van Soest, P.J. Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington, DC: ARS-USDA, 1970. 19p. (Agricultural Handbook, 379).
- Grant, R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.7, p.1438-1446, 1997. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297760739>>. 28 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76073-9.
- Lammers, B.P.; Buckmaster, D.R.; Heinrichs, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, v.79, n.5, p.922-928, 1996. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030296764421>>. 28 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1.
- Martin, P.; Bateson, P. Measuring behavior: an introductory guide. 3.ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 187p.
- Mendonça, S.S.; Campos, J.M.S.; Valadares Filho, S.C.; Valadares, R.F.D.; Soares, C.A.; Lana, R.P.; Queiroz, A.C.; Assis, A.J.; Pereira, M.L.A. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar ou silagem de milho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.3, p.723-728, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n3/21493.pdf>>. 12 Set. 2011. doi:10.1590/S1516-35982004000300021.
- Mertens, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297760752>>. 12 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2.
- Mooney, C.S.; Allen, M.S. Physical effectiveness of the neutral detergent fiber of whole linted cottonseed relative to that of alfalfa silage at two lengths of cut. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.9, p.2052-2061, 1997. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297761502>>. 28 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76150-2.
- Nascimento Filho, V.F. Técnicas analíticas nucleares de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ED-XRF) e por reflexão total (TXRF). Piracicaba: CENA, 1999. 31p.
- National Research Council – NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.ed. rev. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2001. 381p.
- Poore, M.H.; Moore, J.A.; Swingle, R.S.; Eck, T.P.; Brown, W.H. Response of lactating Holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *Journal of Dairy Science*, v.76, n.8, p.2235-2243, 1993. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030293775608>>. 12 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(93)77560-8.
- Rinne, M.; Huhtanen, P.; Jaakkola, S. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of Animal Science*, v.80, n.7, p.1986-1998, 2002. <<http://www.journalofanimalscience.org/content/80/7/1986.full.pdf>>. 12 Sep. 2011.
- SAS Institute. SAS/STAT User's Guide: Statistics, Version 9.2 Edition. Cary, NC: SAS Inst. Inc., 1999.
- Schwab, E.C.; Shaver, R.D.; Shinnors, K.J.; Lauer, J.G.; Coors, J.G. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.85, n.3, p.613-623, 2002. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030202741155>>. 18 Sep. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74115-5.

- Soita, H.W.; Christensen, D.A.; McKinnon, J.J. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in barley silage. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.10, p.2295-2300, 2000. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200751162>>. 17 Sep. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75116-2.
- Udén, P.; Colucci, P.E.; Van Soest, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.31, n.7, p.625-632, 1980. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2740310702/pdf>>. 17 Sep. 2011. doi:10.1002/jsfa.2740310702.
- Weidner, S.J.; Grant, R.J. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.2, p.522-532, 1994. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030294769800>>. 29 Jul. 2011. doi:10.3168/jds.S0022-0302(94)76980-0.
- Welch, J.G. Rumination, particle size and passage from the rumen. *Journal of Animal Science*, v.54, n.4, p.885-894, 1982. <<http://journalofanimalscience.org/content/54/4/885.full.pdf+html>>. 12 Jul. 2011.