

JOSÉ ENRIQUE PÉREZ DE LA OSSA

**FORMAS DE UTILIZAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR
E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO CONCENTRADA PARA VACAS MISTIÇAS
LEITEIRAS DE BAIXA PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Referência e Atendimento
ao Público da Biblioteca Central da UFV

T

P438f
2012

Pérez de La Ossa, José Enrique, 19--

Formas de utilização de cana-de-açúcar e níveis de suplementação
concentrada para vacas mestiças leiteiras de baixa produção / José Enrique
Pérez de La Ossa. – Viçosa, MG, 2016.

xiv, 49f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Rogério de Paula Lana.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino de leite – Alimentação e rações. 2. Bovino – Alimentação e
rações. 3. Cana-de-açúcar como ração. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II.
Título.

CDD 22. ed. 636.2142

JOSÉ ENRIQUE PÉREZ DE LA OSSA

**FORMAS DE UTILIZAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR
E NÍVEIS DE SUPLEMENTAÇÃO CONCENTRADA PARA VACAS MISTIÇAS
LEITEIRAS DE BAIXA PRODUÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

APROVADA: 5 de outubro de 2012.

Claudio José Borela Espescht

Paulo Roberto Cecon

Cristina Mattos Veloso
(Coorientadora)

Rogério de Paula Lana
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus por permitir esta vitória uma realidade e por todas as dádivas a mim concedidas.

A minha Família por ser um exemplo indubitável a seguir e pela motivação durante meus estudos de Pós-graduação.

Aos meus Pais pelo exemplo de dedicação, força e perseverança na realização deste trabalho.

As minhas irmãs por estarem sempre ao meu lado mesmo distantes.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Zootecnia da UFV, pela oportunidade de realização deste curso e por ter proporcionado todas as condições para minha formação profissional e crescimento intelectual.

Ao Prof. Rogério de Paula Lana, pela amizade e orientação incondicional, pelos valiosos aportes de ensino, dedicação na condução do experimento e elaboração da tese, pela paciência, incentivo e disposição durante esse período de trabalho e convivência.

Aos docentes Cristina Mattos Veloso e Claudio Borela, do Departamento de Zootecnia e ao professor Paulo Roberto Cecon, do Departamento de Estatística da Universidade Federal de Viçosa, por terem aceitado o convite para compor a banca de defesa, contribuindo com críticas construtivas para o aprimoramento deste trabalho, pelos ensinamentos e pela ajuda sempre que se fez necessária.

Ao Eric Márcio Balbino, pelo apoio imprescindível e acompanhamento neste processo, e importantes sugestões feitas durante a condução deste trabalho. Agradeço pela constante confiança, o exemplo de amizade e pelas várias oportunidades que me ofereceu. Sem sua ajuda a realização deste trabalho não teria sido possível.

Ao Corpo técnico da Secretária da Pós-Graduação, pela valiosa orientação, dedicação e apoio.

A professora Janaina Conte Hadlich, da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), pela amizade e valiosa contribuição para o enriquecimento deste trabalho.

Aos Compatriotas da república estudantil, Rafael Vergara, Juan Delgado, Javier Bravo e Nelson Rodriguez, pelo afeto e apreço que demonstraram ao longo da convivência do mestrado. Por terem feito de nossa república um ótimo ambiente para se viver, pelos momentos de diversão, exemplos de generosidade e por me ensinarem a lidar com as diferenças.

As companheiras Carmen Guevara, Lorena Mestra, Amanda Dione Silva e Cinthia Maria Carlos Pereira por suas orientações no laboratório e suas amizades. Pessoas das quais sempre ficarei agradecido.

A Gabriela Santistevan, Pablo Suarez, Cesar Teixeira, Rogério Coelho, Camila Cunha, Lays Débora e Javier Garcez pelo grande auxílio na condução experimental e no Laboratório.

Aos companheiros David Sanches, Juan Camilo Mendoza e Rafael Otero por terem me ajudado a escapar da rotina diária do mestrado.

Enfim, a todas as pessoas que contribuíram para a realização desta meta na minha vida profissional.

A todos, minha eterna gratidão!

BIOGRAFIA

JOSÉ ENRIQUE PÉREZ DE LA OSSA, filho de José Pérez D´Luyz e Tulia Esther De La Ossa Fortich, nasceu em Corozal, Sucre, Colômbia, em 9 de Agosto de 1986.

Formado como Engenheiro Agrônomo na Escuela Agrícola Panamericana ZAMORANO EAP, Valle Del Yeguaré, Honduras, em 2007.

Em 2007, trabalhou na Empresa de Reprodução bovina OVAGENIX, College Station, Texas.

Em 2008, trabalhou na Sociedade Inversiones OSSA S.A., Colômbia.

Em 2009, trabalhou no Centro de Pesquisa Leiteira da Universidade de Alberta, Canadá.

Em agosto de 2010, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa – UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes. Submeteu-se a defesa de dissertação no dia 5 de outubro de 2012.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	vii
RESUMO	xi
ABSTRACT.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Produção de leite no Brasil.....	4
2.2 Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes.....	5
2.3 Utilização de concentrado para vacas em lactação.....	9
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
5. RESULTADOS.....	21
6. DISCUSSÃO.....	32
7. CONCLUSÕES.....	42
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição química dos ingredientes e da cana-de-açúcar ofertados aos animais.....	16
Tabela 2.	Composição em ingredientes das dietas experimentais, expressa na base de matéria seca	16
Tabela 3.	Valores médios do consumo de alimentos e de nutrientes por vacas mestiças em lactação em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias.....	22
Tabela 4.	Valores médios de digestibilidade aparente da matéria seca, dos constituintes e o teor de nutrientes digestíveis totais para vacas mestiças em lactação em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias	24
Tabela 5.	Valores observados de consumo de matéria seca e de nutrientes, em função do nível de concentrado da dieta, dentro de cada tipo da forma de utilização da cana-de-açúcar e exigências estimadas para vacas mestiças em lactação.....	25
Tabela 6.	Valores médios de produção e composição do leite, variação diária de peso e eficiência alimentar de vacas mestiças em lactação em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias.....	26
Tabela 7.	Valores médios de consumo, excreções médias diárias e balanço de compostos nitrogenados em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias.....	28
Tabela 8.	Valores médios de excreções diárias de alantóina, ácido úrico na urina, purinas totais e absorvidas, compostos nitrogenados microbianos, produção de proteína bruta microbiana, relação nitrogênio microbiano/nitrogênio ingerido e concentração de nitrogênio ureico no soro sanguíneo em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias.....	30

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

°C – Graus Celsius, unidade de medida de temperatura;

\$ – Unidade monetária;

ALAL – Alantoína no leite;

ALAU – Alantoína na urina;

ARC – Agricultural Reserarch Council;

AU – Ácido úrico na urina;

BN – Balanço de compostos nitrogenados;

CCNFcp – Consumo de carboidratos não fibrosos;

CCS – Contagem de células somáticas;

CEE – Consumo de extrato estéreo,

Cepea – Centro de estudos avançados em economia aplicada;

CFDNcp – Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro;

CMO – Consumo da matéria orgânica;

CMP – concentrate for milk production;

CMS – Consumo da matéria seca;

CNDT – Consumo de nutrientes digestíveis totais;

CNF – Carboidratos não-fibrosos;

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento;

CPB – Consumo de proteína bruta;

CPD – Crude protein digestibility;

CT – Carboidratos totais;

cp – Correção para cinzas e proteínas;

CV – Coeficiente de variação;

CMSv – Consumo de matéria seca de volumoso;

Cwa – Clima temperado úmido com inverno seco e verão quente;

DCNFcp – Digestibilidade dos carboidratos não fibrosos;

DFDNcp – Digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro;

DMD – dry matter digestibility;

DMI – Dry matter intake;

DMO – Digestibilidade da matéria orgânica;

DMS – Digestibilidade da matéria seca;

DPB – Digestibilidade da proteína bruta;

EA – Eficiência alimentar;

EE – Extrato etéreo;

Esalq – Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”;

ESD – Extrato seco desengordurado;

EST – Extrato seco total;

FAO – Food and Agriculture Organization;

FDA – Fibra em detergente ácido;

FDN – Fibra em detergente neutro;

FDNcp – Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína;

FDNfe – Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva;

FDNi – Fibra em detergente neutro indigestível;

FE – Feed efficiency;

FU – Forma de utilização;

g – Gramas, unidade de medida de massa;

h – Horas, unidade de medida de tempo;

ha – hectares, unidade de medida de área;

HZ – Vacas mestiças Holandesa x Zebu;

IBGE – Instituto Brasileiro de geografia e estatística;

IDF – International Dairy Federation

IMS – Ingestão de material seca;

ITDN – Intake of total digestible nutrients;

ITU – Índice de temperatura e umidade;

kg – Quilograma, unidade de medida de massa;

L – Efeito linear ($P < 0,05$);

m – Metro, unidade de medida de comprimento;

m² – Metro quadrado, unidade de medida de área,

MG – Minas Gerais;

mL – Mililitro, unidade de medida de volume;

mm – Milímetro, unidade de medida de comprimento;

mmol – Milimol, unidade de medida de concentração;

MM – Matéria mineral;

MO – Matéria orgânica;

MS – Matéria seca;

N – Nitrogênio;

NB – Nitrogen balance;

NC – Nível de concentrado;

NDFDcp - Neutral detergent fiber digestibility;

NDT – Nutrientes digestíveis totais;

NEB – Nitrogênio endógeno basal;

NF – Nitrogênio nas fezes;

NFCDcp - non-fiber carbohydrates digestibility;

NI – Nitrogênio ingerido;

NL – Nitrogênio no leite;

Nmic – Nitrogênio microbiano;

NR – Nitrogênio retido;

NRC – National Research Council;

ns – não significativo;

NU – Nitrogênio na urina

NUL – Nitrogênio ureico no leite;

NUS – Nitrogênio ureico no soro;

OMD – Organic matter digestibility;

OMI – Organic matter intake;

P – Nível de significância;

PA – Purinas adsorvidas;

PB – Proteína bruta;

PBmic – Produção de proteína bruta microbiana;

PDR – Proteína degradada no rúmen;

pH – Potencial hidrogeniônico;

PLC – Produção de leite corrigida;

PT – Purinas totais;

PV^{0,75} – Peso metabólico;

RB – República do Brasil, variedade de cana-de-açúcar desenvolvida pelas equipes das universidades federais do Brasil;

RP – Resposta produtiva;

rpm – Rotações por minuto, unidade de medida de frequência;

SAEG – Sistema de análises estatística e genética;

TDN – Total digestible nutrients;

TMP – Tamanho médio da partícula;

TNT – Tecido não tecido;

UFV – Universidade Federal de Viçosa;

US – United States;

USDA – Unites states department of agriculture;

USP – Universidade de São Paulo;

VDP – Variação diária de peso

RESUMO

PÉREZ DE LA OSSA, José Enrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2012. **Formas de utilização de cana-de-açúcar e níveis de suplementação concentrada para vacas mestiças leiteiras de baixa produção.** Orientador: Rogério de Paula Lana. Coorientadora: Cristina Mattos Veloso.

A pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar os efeitos da forma de utilização da cana-de-açúcar e de níveis crescentes de concentrado sobre o consumo de matéria seca e nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente, produção e composição do leite, eficiência alimentar e resposta produtiva, balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana, de vacas mestiças (Holandês x Zebu) em lactação. Foram utilizadas oito vacas mestiças, com peso corporal médio de 478 ± 41 kg, entre a terceira e a quarta lactações, após o pico de produção, distribuídas segundo delineamento em quadrado latino, com agrupamento de dois quadrados simultâneos, em esquema fatorial 2×4 , sendo duas formas de utilização da cana (inteira ou picada) corrigida com ureia/sulfato de amônio e quatro níveis de concentrado na dieta (0,6; 1,2; 2,4 e 4,8 kg/dia/vaca), à base de 60% de milho e 40% de farelo de soja. Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre a forma de utilização da cana e o nível de concentrado para nenhuma das variáveis avaliadas. A cana picada aumentou e o nível de concentrado aumentou de forma linear ($P < 0,05$) o consumo de matéria seca (CMS), e de seus constituintes e o consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT), a cana picada aumentou e o concentrado aumentou de forma linear ($P < 0,05$) a digestibilidade da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da proteína (DPB), da fibra insolúvel em detergente neutro (DFDNcp), dos carboidratos não fibrosos (DCNFcp) e do NDT, sendo que os maiores valores de digestibilidade foram observados para os animais alimentados com cana picada. A produção de leite e de leite corrigida para 3,5% de gordura das vacas aumentou ($P < 0,05$) com a cana picada e aumentou ($P < 0,05$) de forma linear com o aumento da adição de concentrado nas dietas. Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da forma de utilização da cana e do nível de concentrado sobre os componentes do leite (proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado) e sobre a contagem de células somáticas. A eficiência alimentar (kg de leite/kg de CMS) reduziu ($P < 0,05$) de forma linear com o aumento de concentrado na dieta. A resposta produtiva (kg de leite/kg de concentrado) reduziu ($P < 0,05$) com o

aumento da inclusão de concentrado. O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi maior ($P<0,05$) com a cana picada. O BN e a produção de proteína bruta microbiana aumentaram ($P<0,05$) em resposta ao aumento do nível de concentrado das dietas experimentais. Com base nestes resultados, conclui-se que a cana-de-açúcar inteira diminui o consumo e a digestibilidade da matéria seca, dos nutrientes digestíveis totais e a produção de leite, mas não altera a composição do leite, eficiência alimentar, eficiência do uso do nitrogênio ingerido e a produção de proteína bruta microbiana. O aumento do nível de concentrado até o nível máximo testado, 4,8 kg por dia, eleva o consumo e a digestibilidade da matéria seca, e dos nutrientes digestíveis totais, a produção de leite e a síntese de proteína bruta microbiana, porém, não modifica a composição do leite e diminui a eficiência alimentar e a resposta produtiva (kg de leite/kg de concentrado), podendo causar aumento do custo com alimentação.

ABSTRACT

PÉREZ DE LA OSSA, José Enrique, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October of 2012. **Supplementation levels for crossbred dairy cows fed with different sugarcane process.** Adviser: Rogério de Paula Lana. Co-adviser: Cristina Mattos Veloso.

The research was conducted in order to evaluate the effects of concentrate level and sugarcane process (chopped and whole) on dry matter intake and nutrient apparent digestibility, milk production and composition, feed efficiency and productive response; nitrogen balance and microbial protein synthesis in crossbred lactating cows (Holstein x Zebu). Eight crossbred cows were used with an average body weight of 478 ± 41 kg, these cows were between the third and fourth lactation, after lactation peak (more than 100 days), distributed according to Latin square design, with two simultaneous squares in 2×4 factorial design, with two types of cane processing (whole or chopped) corrected with urea/SA and four levels of concentrate in the diet (0.6, 1.2, 2.4 and 4.8 kg/cow/day), based on 60 % corn 40% soybean meal. No significant interaction ($P > 0.05$) between the processing of sugarcane and the level of concentrate for any variable. The processing of sugarcane and the level of concentrate influenced ($P < 0.05$) on dry matter intake (DMI), organic matter intake (OMI), nutrient intake and intake of total digestible nutrients (ITDN), which were higher for the chopped cane and increased linearly with increasing inclusion of concentrate in the diet. Several effects were observed ($P < 0.05$) of cane processing ($P < 0.05$) on dry matter digestibility (DMD), organic matter digestibility (OMD), crude protein digestibility (CPD), neutral detergent fiber digestibility (DFDN_{cp}), non-fiber carbohydrates digestibility (DNFU_{cp}) and TDN, and the higher digestibility values were observed for animals fed with chopped cane. The level of concentration also influenced ($P < 0.05$) DMD, OMD, DCP, DFDN_{cp} and TDN, which increased with the increased inclusion of concentrate in the diet of cows. Milk yield and corrected milk yield to 3.5% fat was influenced ($P < 0.05$) for the sugarcane process, and the chopped one allowed greater milk production. Likewise, milk yield was also influenced ($P < 0.05$) at concentrate level, increasing linearly with increasing addition of concentrate in the diet. There were no effects ($P > 0.05$) with sugarcane process and concentrate level on milk components (protein, lactose, total solids and solids not fat) and the somatic cell count. Feed efficiency (FE) varied significantly ($P < 0.05$) only by the level of concentrate, worsening linearly with

increasing level of dietary concentrate. Significant effects ($P < 0.05$) from the processing of sugar cane on the efficiency of utilization of concentrate for milk production (CMP), with lowest values observed for the chopped cane. The CMP was also influenced ($P < 0.05$) by the level of concentrate in the diet, decreasing in response to increased concentrate inclusion. The nitrogen balance (NB) was affected ($P < 0.05$) for the processing of sugar cane and the chopped cane results in higher values. Effect was observed ($P < 0.05$) by the level of concentrate on the NB which increased in response to the increased level of concentrate diets. The production of microbial crude protein was only influenced ($P < 0.05$) by the level of concentrate, increasing in response to an increase in the concentrate rations. Based on these results, it is concluded that increasing the concentrate level to the maximum level tested of 4.8 kg per day, increases the intake and digestibility of dry matter and total digestible nutrients in milk yield and microbial crude protein synthesis, but does not change the composition of milk and decreases feed efficiency and productive response. On the other hand, chopped sugarcane increases the intake and digestibility of dry matter, total digestible nutrients and milk yield, but did not change the composition of milk and feed efficiency, and feeding with whole sugarcane does not alter the nitrogen intake efficiency and microbial crude protein yield.

1. INTRODUÇÃO

A produção de leite é uma das atividades de maior destaque no agronegócio brasileiro, e a pecuária leiteira nacional aparece, nas últimas estatísticas, como o quinto maior produtor mundial. Segundo a FAO (2011), a produção mundial de leite bovino, em 2011, foi aproximadamente de 728 milhões de toneladas, com uma taxa de crescimento de 2% de 2010 para 2011, e, no Brasil, o setor fechou 2011 com uma produção total próxima de 30,8 milhões de toneladas (USDA, 2011), um modesto crescimento de 1% em relação ao ano de 2010. Para 2012, o volume deve subir para 32,3 milhões de toneladas de leite, um avanço de 4%. Esse volume de leite é suficiente para que cada brasileiro tenha disponível, diariamente, 0,441 litros. Para atender o consumo recomendado pelo Ministério da Saúde, que é de 210 litros/ano ou 0,575 litros/dia, o volume total da produção de leite deveria ser de 40 milhões de litros, considerando a população brasileira constituída de 190,8 milhões de habitantes (Zoccal, 2012).

No Brasil, a produção leiteira é representada por um rebanho composto por 22.924.914 de cabeças, registrados em 2010 (IBGE, 2010), sendo a maior parte dos sistemas de produção de leite basicamente em pasto, com poucos sistemas intensificados e com baixa implementação de tecnologia. Devido às diferentes condições edafoclimáticas nas regiões brasileiras, há diversidade dos sistemas de produção de leite, que apresentam produtores altamente tecnificados e também rudimentares. Entretanto, predomina, na maioria dos sistemas, o pequeno volume de produção. Este fato pode ser constatado, já que, no Brasil, 70% da produção de leite provêm de vacas mestiças Holandês-Zebu sob pastejo, sem ou com uso limitado de ração concentrada (MestraVargas, 2011),

O estado de Minas Gerais destaca-se por possuir o maior rebanho bovino leiteiro, além de ser o maior produtor nacional, com 7,2 milhões de toneladas de leite/ano, o que totaliza, aproximadamente, 30% do total da produção no país (IBGE, 2010). No rebanho mineiro, 41,71% das vacas são mestiças Holandês x Zebu (HZ), enquanto que 24,89% têm predominância de sangue Holandês (maior que 7/8) (Oliveira et al., 2010).

No cenário atual da pecuária leiteira mundial, os modernos sistemas de produção têm se preocupado não só com os aspectos relacionados aos índices de produção e produtividade, mas também com o retorno econômico. A respeito da composição do custo de alimentação, não somente o fornecimento do concentrado na dieta é de

importância, mas também o volumoso tem uma participação importante, pois representa ao redor de 40 a 80% da matéria seca (MS) da dieta. Além disso, a qualidade do volumoso é um fator determinante na quantidade e qualidade da ração concentrada (Mendonça et al., 2004).

A cana-de-açúcar é um volumoso que tem se destacado na alimentação de bovinos, em razão da pequena taxa de risco em sua utilização, do baixo custo por unidade de MS produzida, comparado aos alimentos tradicionais como as silagens de milho e de sorgo (Mendonça et al., 2004), da manutenção do valor nutritivo, da maior disponibilidade nos períodos de escassez de forragens nas pastagens e do melhor desempenho econômico em comparação a outras forrageiras, dependendo da categoria animal (Nussio, 2003). No entanto, o consumo deste volumoso por bovinos de raças leiteiras apresenta certas limitações de ordem nutricional, entre as quais se destaca a baixa digestibilidade da fibra (Magalhães et al., 2004), o que pode comprometer o consumo voluntário (Valadares Filho et al., 2002), pelo efeito de enchimento ruminal (Magalhães et al., 2004), embora seu teor médio de fibra em detergente neutro (FDN) seja menor que da silagem de milho, 48% e 57 %, respectivamente (Campos et al., 2010).

Em concordância, Oliveira et al. (2001) encontraram relação diretamente proporcional entre baixo consumo de MS e digestibilidade da FDN. Preston (1982) demonstrou que a baixa taxa de passagem e o alto tempo de retenção deste alimento pode comprometer o consumo voluntário do mesmo. Em adição, a utilização deste volumoso apresenta deficiências de proteína e minerais, o que gera dificuldade em atender os requisitos nutricionais para uma boa produção de leite (Magalhães et al., 2004). Enquanto, no passado, havia restrições ao uso da cana-de-açúcar para vacas em lactação (Paiva et al., 1991), trabalhos recentes têm mostrado que a adequada suplementação da cana-de-açúcar pode permitir produções de até 30 kg de leite/vaca/dia. Isso mostra que o potencial da cana-de-açúcar como forrageira deve ser melhor avaliado. Apesar de relatos mencionarem o uso da cana-de-açúcar como suplemento para animais já em 1913 (Queirós et al., 2008), a cana-de-açúcar pode ter, ainda, um potencial maior que o revelado até o momento.

Por outro lado, a fonte de volumoso é de grande importância, mas a utilização do concentrado na dieta é essencial para a expressão do potencial genético do animal e, conseqüentemente, visando à maior produtividade leiteira. Porém, de acordo com Lana et al. (2005), a eficiência de utilização destes diminui, em função do aumento da

quantidade fornecida. Além disso, os ingredientes que compõem o concentrado têm alto custo, elevando as despesas com alimentação (Lana, 2005; Pimentel et al., 2006; Vilela et al., 2006). Desta forma, o fornecimento racional de concentrados é fundamental para viabilizar economicamente a suplementação.

No Brasil, mais de 90% das rações para vacas leiteiras comercializadas possuem ao redor de 20 e 22% de proteína bruta (PB), sendo a recomendação mais comumente utilizada de fornecer um kg de ração para cada três kg de leite produzidos (Pimentel, 2008). Ao utilizar estas recomendações, considerando médias de produção entre 15 e 20 kg de leite, observa-se que os requisitos de PB são atendidos, mas a energia fornecida excede em muito as exigências do animal (ARC, 1994; NRC, 2001; Lana, 2005). O fornecimento de menor quantidade de concentrados, para uma mesma produção de leite, pode trazer grande economia aos sistemas de produção, levando um maior número de produtores a adotarem a suplementação como rotina de suas unidades de produção, haja vista que muitos produtores, principalmente aqueles localizados fora dos centros de distribuição, consideram inviável economicamente o fornecimento de ração concentrada (Pimentel, 2008).

Diante deste contexto, este estudo foi proposto para avaliar os efeitos de cana-de-açúcar inteira e de níveis crescentes de concentrado (energético e protéico) sobre o consumo de matéria seca e nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente, produção e composição do leite, eficiência alimentar e resposta produtiva, balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana; de vacas mestiças (Holandês x Zebu) em lactação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de leite no Brasil

Tradicionalmente, o Brasil sempre foi um grande importador de produtos lácteos, chegando a registrar um déficit anual de quase meio bilhão de dólares no final da década de 90. A partir de 2004, com o cenário mundial favorável, o país passou a fazer parte do mercado internacional como exportador de produtos lácteos. Com o aumento da renda da população brasileira, principalmente das classes C e D (média alta e média baixa), o consumo de lácteos aumentou e a balança comercial voltou a ser negativa. Em 2011, foram importados 132.457 toneladas de produtos lácteos, perfazendo um total de meio bilhão de dólares e o montante alcançado com exportações de aproximadamente US\$ 100 milhões (Zoccal, 2012).

A maior parte dos sistemas de produção de leite no Brasil são em pasto, com poucos sistemas intensificados, e com baixa utilização de tecnologia. Devido às diferentes condições edafoclimáticas nas regiões, há diversidade nos sistemas de produção de leite, que apresentam produtores altamente tecnificados e também elementares ou rudimentares. Predomina, na maioria dos sistemas, o pequeno volume de produção. No Brasil existem, aproximadamente, 5,2 milhões de estabelecimentos rurais e em 25% deles ocorre a produção de leite. O maior percentual de propriedades com leite em relação ao número total de estabelecimentos rurais ocorre nas regiões Sul (41%) e no Centro-Oeste (39%). No Sudeste, 33% do total de estabelecimentos trabalham com leite, no Norte 18% e no Nordeste apenas 16% deles se dedicam à atividade. Os estados com maior quantidade de propriedades leiteiras são a Bahia, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, que juntos somam aproximadamente metade de todas as propriedades leiteiras brasileiras, que totalizam 1.350.809 unidades (IBGE, 2011).

Das propriedades leiteiras brasileiras, a grande maioria de estabelecimentos (97%) produz pouco leite (< 200 litros/dia) e um percentual menor (3,2%) é responsável pela maior parte da produção nacional. Os estabelecimentos com produção diária inferior a 50 litros representam 80% do total dos produtores e a participação em relação à quantidade produzida é de 26% do volume brasileiro. A maior quantidade do leite brasileiro (40%) provém de sistemas com produção entre 50 e 200 litros por dia,

representando 17% dos produtores, e as propriedades com volumes maiores, acima de 200 litros/dia, representam 3,2% do total de produtores de leite do país e 35% do volume nacional (IBGE, 2011).

A agricultura familiar tem sido caracterizada como sendo de baixa adoção de tecnologias e de insumos e com baixas produtividades, sendo, muitas vezes, discriminada e considerada de agricultura do passado e em fase de extinção, com a consolidação da agricultura de alta tecnologia. Entretanto, conforme salienta Matos (2009), a tendência de intensificação da produção por animal e por área não é provável que continue, devido à necessidade de pesados subsídios. Além disso, as implicações do impacto desses sistemas intensificados sobre o meio ambiente têm levado a reformas das políticas ambientais nos países desenvolvidos.

Entretanto, as maiores produtividades não representam a maior preocupação do pecuarista leiteiro, mas os custos de produção são o principal entrave para o produtor. Dados recentes demonstram que a margem bruta do produtor de leite reduziu na fase inicial do ano de 2012, embora o leite tenha apresentado leve aumento de preço. A dieta concentrada teve aumento de 11% na média dos estados do Rio Grande do Sul, de Santa Catarina, do Paraná, de São Paulo, de Minas Gerais e de Goiás, devido aos reajustes do milho e farelo de soja. Além disso, o aumento do salário mínimo de 14% pesou nos custos do pecuarista leiteiro (Cepea-Esalq/USP, 2012).

Devido à escassez de mão-de-obra rural e devido à facilidade no manejo da alimentação, tem produtores de leite que estão utilizando a cana-de-açúcar inteira na alimentação dos animais. O consumo não aparenta ser prejudicado, e não têm sido observadas perdas de cana devido à rejeição pelos animais. Entretanto, há necessidade de realização de pesquisas para avaliar o efeito da cana inteira em relação à cana picada sobre o consumo de alimentos, desempenho dos animais, manejo da alimentação, viabilidade técnica e econômica. Caso seja favorável, esta prática poderá ser recomendada para os produtores rurais em substituição à prática tradicional do uso da cana picada.

2.2. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes

Como fonte de volumoso suplementar, a cana-de-açúcar vem destacando-se, principalmente, por apresentar seus maiores índices de produtividade de MS/ha na época de escassez de forragem. Além disso, esta forrageira encontra-se entre as

principais culturas do setor agrícola brasileiro, sendo o país considerado o maior produtor mundial e maior exportador de álcool e açúcar (FAO, 2011). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2012), a previsão do total de cana moída na safra 2012/13 é de 602,2 milhões de toneladas, com aumento de 5,4% em relação à safra 2011/12, que foi de 571,4 milhões de toneladas, sendo que, aproximadamente, 10% dessa produção são destinadas para a alimentação animal (Landell et al., 2002).

A cana-de-açúcar é considerada uma cultura relativamente fácil de conduzir, tem boa aceitação pelos animais (Carvalho et al., 2006) e elevado teor de carboidratos solúveis e, principalmente, pela sua disponibilidade no período da seca, sem perda na qualidade nutricional (Preston, 1986; Leng, 1988), justificando o fato de que, na maioria das propriedades rurais de Minas Gerais, figura como uma das forrageiras mais exploradas em todos os estratos de produção, a exceção das propriedades leiteiras acima de 1000 litros diários de leite, onde a silagem de milho é o volumoso preferencial (Oliveira et al., 2010).

No entanto, de acordo com Pereira et al. (2001), a cana-de-açúcar também apresenta características que limitam sua utilização por animais de elevado potencial genético, dentre as quais destacam-se o baixo teor de proteína bruta (PB), lipídeos, minerais, fibra de lenta degradação ruminal e elevado teor de fibra não-degradável, o que reduz a ingestão de alimentos e, conseqüentemente, expressando baixo consumo voluntário dos animais.

As pesquisas desenvolvidas com animais alimentados com cana-de-açúcar, no Brasil, foram iniciadas por volta do século XIX por Nicolau Athanassof. Porém, durante as décadas de 1960 e 1970, estudos caracterizaram menor valor nutritivo da cana-de-açúcar por meio de ensaios de digestibilidade e desempenho. Baseado nestes resultados impactou-se movimento organizado contra a sua utilização no estado de São Paulo e outras regiões (Mattos, 2003). Apesar disso, a cana-de-açúcar destacou-se desde então, como forrageira suplementar para os rebanhos.

A cana-de-açúcar é uma forrageira com alto teor de carboidratos solúveis, e sua principal limitação nutricional é o baixo teor de proteína bruta (PB) na matéria seca (MS). Outras limitações são os baixos conteúdos de enxofre, fósforo, zinco e manganês, e baixos teores de extrato etéreo. Oliveira et al. (1998), avaliando a composição química de diferentes variedades de cana-de-açúcar, encontraram valores de MS entre 30-35%, PB entre 1,8-2,0% da MS, fibra em detergente neutro (FDN) entre 45% a 56% da MS,

fibra em detergente ácido (FDA) 27% a 35% da MS e energia bruta entre 4,2 a 4,6 kcal/kg da MS.

Para suprir os requisitos protéicos dos micro-organismos do rúmen, as dietas ofertadas aos ruminantes devem possuir a partir de 7% de PB ou 1% de nitrogênio total. Rações com teores menores que 7% de PB reduzem o crescimento microbiano e produção de células microbianas e, conseqüentemente, diminuindo o aporte de proteína microbiana para o intestino delgado. Entretanto, além dos teores de PB incompatíveis com crescimento microbiano, a produção ruminal de aminoácidos fica prejudicada pelos baixos níveis de enxofre. Esse elemento é necessário, pois participa da estrutura de alguns aminoácidos como a metionina, cistina e cisteína, essenciais ao crescimento microbiano e animal (Lima Jr. et al. 2010).

Entretanto, outra variável que tem sido levada em consideração na comunidade científica é a relação do grau de processamento e o efeito do tamanho médio da partícula (TMP) da cana-de-açúcar no desempenho de ruminantes. Montpellier & Preston (1977) conduziram um dos trabalhos pioneiros avaliando a influência do grau de moagem do fornecimento da cana-de-açúcar no desempenho de bovinos de corte. Os autores não verificaram importância da redução do tamanho de partículas sobre o consumo voluntário e a digestibilidade da MS.

Visando a melhor utilização das forragens, o tratamento físico mais estudado é o grau de processamento. O aumento no consumo voluntário e desempenho animal são os parâmetros mais consistentemente afetados pelo processamento, especificamente em forragens de baixa qualidade. Não obstante, o melhoramento na resposta animal é extremamente variável e depende das características específicas da forragem (Pittroff & Kothmann, 1999).

Conforme a revisão feita por Allen (1995), a recomendação da faixa ótima para a concentração de FDN seria de 25 a 35%. Sendo assim, ao formular uma ração com 25% de FDN, o tamanho de partícula recomendado deveria ser longo (>3,0 mm) e rações com 35% de FDN deveriam utilizar menores tamanhos.

Nesse contexto, a recomendação para a melhor utilização para esta forrageira seria o menor tamanho de partícula possível por ter ao redor de 50% de FDN de alta efetividade. Sendo assim, rações com concentrados convencionais (milho e farelo de soja), contendo em torno de 50% de volumoso, apresentariam valores de FDN acima de 35%. Já no caso da inclusão de subprodutos com altos níveis de FDN, como polpa cítrica que apresenta aproximadamente 23% de FDN, mesmo em dietas com menor

proporção de volumoso (30%), o nível de FDN dietético deveria ser maior que 30% (Santos et al., 2008).

O consumo voluntário dos animais pode ser influenciado pela quantidade de fibra efetiva e o TMP contido no alimento, levando também a explicar variações na porcentagem de gordura no leite. No entanto, Lima (2003) não encontrou efeitos significativos nos tempos de ruminação e mastigação de rações com diferentes porcentagens de FDN sobre o teor de gordura do leite. Em controvérsia, Beauchemin (1991), que forneceu rações com três concentrações de FDN (31, 34 e 37%) para vacas em lactação, observou que com o aumento da concentração de FDN das rações ocorreu diminuição linear na produção de leite (de 26,5 para 24,8 kg/dia) e aumento linear na porcentagem de gordura do leite (de 2,68 para 3,30%).

Em concordância, o NRC (2001) propõe aumentar a concentração de FDN, quando a porcentagem de FDN de forragem é menor que 19% ou quando o tamanho médio de partícula é inferior a 3,0 mm. A redução no tamanho de partícula pode diminuir a porcentagem de gordura no leite, a atividade de mastigação e o pH ruminal (Leonardi & Armentano, 2003). Dessa forma, é importante considerar ambos, a concentração de FDN e o tamanho de partícula na formulação de rações para vacas em lactação.

Um dos aspectos de maior importância no momento da formulação de rações para ruminantes é a ingestão de matéria seca (IMS), a qual deve ser considerada em primeira escala, pois é ela quem determinará o máximo desempenho do animal, feito que a IMS tenha uma relação diretamente proporcional com o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais.

Sendo assim, à medida que maior quantidade de fibra é incluída na ração, a densidade diminui, e o alimento pode permanecer mais tempo no rúmen, o que pode causar diminuição da IMS, devido à limitação física deste compartimento. A consequência disso é a redução significativa do desempenho animal (Beauchemin & Buchanan-Smith, 1989). Por outro lado, quando pouca fibra é incluída nas rações de vacas em lactação, aumenta a taxa de passagem do alimento, ocorrem alterações no pH ruminal e até quadros severos de acidose podem ocorrer.

2.3. Utilização de concentrado para vacas em lactação

Existem muitas pesquisas sobre suplementação de bovinos de corte, nas quais o suplemento múltiplo de baixo consumo para atender às necessidades não somente de minerais, mas também de nitrogênio degradável no rúmen, já é uma realidade entre os pecuaristas e indústrias de suplementação. Entretanto, para gado de leite, pouco se sabe sobre o uso de suplementos de baixo consumo, sendo que a recomendação mais comum é a de concentrado contendo 20 a 24% de proteína bruta na ração de um quilo para cada três quilos de leite produzido (Pimentel, 2008).

Existem poucas pesquisas, no Brasil, para avaliar respostas animal e produtiva de vacas leiteiras mestiças à suplementação e efeitos do nível de concentrado sobre a produção de leite. Geralmente, há aumento do consumo de matéria seca com o aumento do nível de concentrado na dieta e alguns trabalhos apresentam respostas positivas lineares e outras respostas quadráticas em relação ao nível de concentrado. De acordo com Mattos (2000), a quantidade de concentrado para suplementação de volumosos deve ser observada com atenção, devido ao seu alto custo, uma vez que, somente os 2-4 quilos iniciais é que proporcionam maior resposta na produção de leite.

De acordo com Vilela et al. (1980), a resposta à utilização de concentrados na suplementação de vacas leiteiras em pastagem varia de 0,50 a 0,90 kg de leite/kg de concentrado no período da chuva e de 0,80 a 0,95 no período da seca, enquanto Bargo et al. (2003) observaram resposta de 1,0 kg de leite por kg de concentrado. Costa et al. (2005) avaliaram o desempenho de vacas leiteiras em confinamento total, alimentadas com cana-de-açúcar corrigida com ureia e três níveis de concentrado, e reportaram produção de leite de 17 kg/animal/dia, utilizando-se 7 kg de concentrado. A resposta em produção de leite foi baixa em relação ao aumento no fornecimento de concentrado, havendo acréscimo de 0,29 e 0,48 kg de leite por cada quilo de concentrado, para os tratamentos com 50 e 60% de relação volumoso:concentrado. Assim, torna-se necessário implementar pesquisas que permitam verificar melhor este comportamento e avaliar o uso de rações concentradas na nutrição de vacas leiteiras mestiças em confinamento.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirement of ruminant livestock**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 45p.
- ALLEN, M. Fiber requirements for dairy cattle: if you're not confused, you don't understand. In: SOUTHWEST NUTRITIONAL AND MANAGEMENT CONFERENCE, 1995. Ahwatukee. **Proceedings...** Arizona. 1995. p.101-109.
- BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S. et al. Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1-42, 2003.
- BEAUCHEMIN, K.A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, p. 3140-3151, 1991.
- BEAUCHEMIN, K.A.; BUCHANAN-SMITH; J.G. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 72, p.2288-2300, 1989.
- CAMPOS, P.R.S.S., VALADARES FILHO, S.C., DETMAN, E. et al. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. **Revista Ceres**, v.57, p.79-86, 2010.
- CARVALHO, S.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, p.1154-1161, 2006 (supl.).
- CEPEA/ESALQ/USP, 2012. **Centro de estudos avançados em economia aplicada** Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/leite/>. Acesso em: 15 de maio de 2012.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, primeiro levantamento, abril/2012 - **Companhia Nacional de Abastecimento**. – Brasília: Conab 2012.
- COSTA, L.T; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M; et al. Análise econômica da adição de níveis crescentes de concentrado em dietas para vacas leiteiras mestiças alimentadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.1155-1162, 2011
- COSTA, M.G.; 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2437-2445, 2005 (suplemento).

- FAO, 2011. Food Outlook report 2011. **World dairy market at a glance**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/014/al981e/al981e00.pdf>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção de leite**. Rio de Janeiro, 2010, Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em 10 de abril de 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/default.shtm#leite>. Acesso em 12 abril de 2012.
- LANA, R.P.; GOES, R.H.T.B.; MOREIRA, L.M. et al. Application of Lineweaver-Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. **Livestock Production Science**, v.98, p.219-224, 2005.
- LANA, R.P. **Sistema Viçosa de formulação de rações** 3ª Ed. Viçosa: UFV, 2005. 91p.
- LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A. et al. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros**: manejo de produção e uso na alimentação animal. Campinas: IAC, 2002. 36 p.
- LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de al cana de azúcar y sus derivados para el crecimiento e producción de leche en rumiantes. In: **SISTEMAS INTENSIVOS PARA PRODUCCIÓN ANIMAL Y ENERGÍA RENOVABLE COL RECURSOS TROPICALES**, 1988, Cali. **Simpósio...** Cali: CPAC, 1988. p.31-38.
- LEONARDI, C.; ARMENTANO, L.E. Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.86, p.557-564, 2003.
- LIMA, M.L.M. **Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos**. 2003. 121 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- LIMA JUNIOR, D. M.; MONTEIRO, P. B.; RANGEL, A. H. et al. Cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. **Revista Verde**, v.5, p.13-20, 2010.
- 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1292-1302, 2004.
- MATTOS, W. R. S. Medidas para o aumento da eficiência da produção leiteira. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. (Eds.). **Bovinocultura leiteira: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 383.

- MATTOS, W.R.S. **Cana-de-açúcar: Recurso forrageiro do passado, presente e futuro**. 2003. 103 p. Livre Docência (Manejo de Bovinos Leiteiros e Alimentação de Bovinos Leiteiros) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- MATOS, L.L. Produção de leite a pasto em bases sustentáveis. In: Vilela, D.; Fernandes, E.N.; Carvalho, G.R. et al. Fórum das Américas: Leite e derivados. **Anais do 7 Congresso Internacional do leite**. Juiz de Fora: EMBRAPA, 2009. p.45-78.
- 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.33, p.481-492,2004.
- MESTRA-VARGAS, L.I. **Níveis de concentrado energético e protéico na dieta de vacas leiteiras**. 2011. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- MONTPELLIER FA.; PRESTON TR. Digestibility and voluntary intake on sugar cane diets: effect of chopping the cane stalk in particles of different sizes. **Tropical Animal Production**, v.2, p 40-43, 1977.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th. ed.Washington: National Academy of Sciences, 2001. 381 p.
- NUSSIO, L.G. Cana. Depois de se impor em pequenos confinamentos, ela começa a atrair os grandes. Para isso tem de vencer o desafio da ensilagem. **Revista DBO Rural**, p.104-112, 2003.
- OLIVEIRA, B.Y.S.; ALVES, J.B.; BERGAMASCHINE, A.F. et al. Desempenho de bovinos terminados em confinamento, com diferentes volumosos. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA,38.2001. Piracicaba. 2001. **Sociedade Brasileira de zootecnia**, 2001. p.1234-1235.
- OLIVEIRA, F. N.; PIRES, J. A.; OLIVEIRA, C. L. Características da produção de leite e do rebanho leiteiro do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.31, p.7-16, 2010.
- OLIVEIRA, M. D. S.; et al. Efeito da variedade de cana-de-açúcar sobre a composição química bromatológica. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 34, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ,1998. CD-ROM.
- PAIVA, J.A.J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M. et al. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.90-99, 1991.

- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F. et al. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.563-572, 2001
- PIMENTEL, J.J.O.; LANA, R.P.; ZAMPERLINE, B. et al. Milk production as a function of nutrient supply follows a Michaelis-Menten relationship. **Journal of Animal Science**, v.84, Suppl. 1, p.74, 2006.
- PIMENTEL, J.J.O. **Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas em lactação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 93p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- PITTROFF, W., KOTHMANN, M.M. Regulation of intake and diet selection by herbivores. In: V International Symposium on the Nutrition of Herbivores, **Proceedings...**p.366-422. 1999.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, p.877-884, 1982.
- PRESTON, T. R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**. p.125-42, 1977.
- PRESTON, T.R. Whole sugarcane as animal feed: An overview. In: **SANSOUCY, R.; AARTS, G.; PRESTON, T.R. (Eds.) FAO consultation sugar cane as feed**. Rome: FAO, 1986. p.61-71.
- QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHIMIDT, P. et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.358-365, 2008.
- SANTOS, V.P.; NUSSIO, L.G.; SCHOGOR, A.L.B. et al. Avaliação do tamanho médio das partículas da cana-de-açúcar na alimentação de vacas leiteiras sobre o desempenho e a composição do leite. **45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Lavras, MG, 2008.
- USDA, 2011. **Top 10 Countries By Milk Production as per US Department of Agriculture**, 2011. Disponível em: <http://www.jagranjosh.com/general-knowledge/top-10-countries-by-milk-production-1318490243-1>>. Acesso em: 10 de abril de 2012.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, DZO, DPI, 2002. 297p.
- VILELA, D.; ALVIM, M.J.; LOPES, R.S. et al. Efeito da suplementação concentrada sobre o consumo de nutrientes e a produção de leite, por vacas em pastagem de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Beauv.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.9, p.214-232, 1980.

VILELA, D.; LIMA, J.A.; RESENDE, J.C. et al. Desempenho de vacas da raça Holandesa em pastagem de coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.555-561, 2006.

ZOCCAL, R. Quantos são os produtores de leite no Brasil?. **Panorama do leite**, v.64, 2012.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Bela Vista pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no distrito de Cachoeirinha, em Viçosa-MG, durante os meses de agosto a outubro de 2011 e as análises laboratoriais, para determinação de matéria seca e composição química dos alimentos, das fezes e das sobras foram executadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, e para as análises do leite foram realizadas no Laboratório de Análise da Qualidade do Leite - Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

A cidade de Viçosa está localizada na região da Zona da Mata, no Estado de Minas Gerais, a 649 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas 20° 45' 20" de latitude sul e 42° 52' 40" de longitude oeste. O clima é de tipo Cwa, segundo a classificação proposta por Köppen, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro, e águas, de outubro a março. O verão é quente e úmido e o inverno frio e seco. A precipitação pluviométrica média é de 1.341,2 mm anuais.

Durante o período experimental as médias de temperatura mínima e máxima foram de 14,18 e 28,24°C, respectivamente, e a umidade relativa do ar média foi de 67,15% (INMET, 2012).

O índice de temperatura e umidade (ITU) foi calculado de acordo com a equação proposta por Kelly & Bond (1971):

$$ITU = TBs - 0,55 (1 - UR) (TBs - 58), \text{ em que:}$$

TBs = temperatura do bulbo seco em graus Fahrenheit; UR = umidade relativa do ar expressa em valor decimal.

Foram utilizadas oito vacas mestiças (Holandês x Zebu), com peso corporal médio inicial de 478 ± 41 kg, entre a terceira e a quarta lactação, após pico de lactação (100 dias pós-parto) e com produção de leite média de 7 kg/dia ao iniciar o experimento.

As vacas foram alojadas em baias individuais, com cerca de arame farpado e piso de cimento, com área coberta de 24 m², dotadas de cocho coberto para fornecimento de alimentos, bebedouro para fornecimento de água e saleiro. As baias eram cobertas com telhas acima dos cochos e, na parte posterior, com sombrite (2 x 3 m).

A composição química dos alimentos fornecidos diariamente aos animais, durante o período experimental, encontra-se na tabela 1. O experimento foi avaliado segundo delineamento em quadrado latino 4 X 4, com agrupamento de dois quadrados simultâneos, sendo duas formas de utilização da cana-de-açúcar (inteira ou picada) e quatro níveis de concentrado na dieta (0,6; 1,2; 2,4 e 4,8 kg/dia/vaca), à base de 60% de milho e 40% de farelo de soja (Tabela 2), contendo, aproximadamente, 24% de proteína bruta na matéria seca e fornecido durante as ordenhas.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes e da cana-de-açúcar ofertados aos animais

Item ¹	Concentrado (60/40%)		Proteinado ² (50:25:25%)	Cana-de-açúcar
	Milho	Farelo de soja		
Matéria seca (%)	88,57	89,07	92,07	31,35
Matéria orgânica	98,93	95,23	80,52	98,28
Matéria mineral	1,07	4,78	19,48	1,72
Proteína bruta	7,98	45,70	70,10	2,85
Extrato etéreo	4,21	1,43	1,95	1,13
FDN	13,04	14,45	23,65	57,62
FDNcp	11,73	11,51	22,78	56,24
FDA	4,01	10,75	8,47	42,97
FDNi	2,83 ³	2,18 ³	1,42	24,42
Carboidratos totais	86,74	47,64	8,29	95,50
Carboidratos não fibrosos	74,80	36,15	37,17	44,06
Lignina	1,27 ³	1,52 ³	0,64	8,06

¹Valores em porcentagem da matéria seca (% MS).

²Proteinado: 50% milho, 25% uréia e 25% sal mineral.

³Fonte: Valadares Filho et al. (2002).

FDN: fibra em detergente neutro; FDNcp: FDN corrigida para cinzas e proteína; FDA: fibra em detergente ácido; FDNi: Fibra em detergente neutro indigestível.

Tabela 2 - Composição em ingredientes das dietas experimentais, expressa na base de matéria seca

Ingrediente (kg)	Nível de concentrado (kg)							
	Cana inteira				Cana picada			
	0,6	1,2	2,4	4,8	0,6	1,2	2,4	4,8
Cana-de-açúcar	6,46	7,67	6,87	7,49	7,44	7,98	7,86	7,81
Fubá de milho	0,32	0,64	1,27	2,55	0,32	0,64	1,27	2,55
Farelo de soja	0,24	0,48	0,96	1,92	0,24	0,48	0,96	1,92
Proteinado ¹	0,21	0,24	0,22	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25

¹Proteinado: 50:25:25 (fubá de milho; ureia 9:1; suplemento mineral) - Ureia:sulfato de amônio na proporção 9:1. Suplemento mineral comercial: cálcio (15,6%); fósforo (5,1%); enxofre (2,0%); magnésio (3,3%); sódio (9,3%); potássio (2,82%); cobalto (0,003%); cobre (0,040%); cromo (0,001%); ferro (0,2%); iodo (0,004%); manganês (0,135%); selênio (0,002%); flúor (0,051%); zinco (0,170%); vitamina A (135.000,00U.I.); vitamina D3 (68.000,00 U.I.); vitamina E (450,00 U.I.). Solubilidade do fósforo de 95%.

Cada quadrado latino foi avaliado por quatro períodos experimentais, com duração de 14 dias cada período, sendo os sete primeiros dias destinados à adaptação dos animais às dietas e os demais dias para avaliação de consumo, digestibilidade dos componentes das dietas, produção de leite e composição do leite, variação diária de peso corporal, eficiência alimentar, resposta produtiva, balanço de nitrogênio e síntese de proteína bruta microbiana.

Os animais receberam cana-de-açúcar (variedade RB 855536), diariamente, pela manhã, além de mistura proteinada 50:25:25% (milho + ureia/sulfato de amônio 9:1 + sal mineral) para permitir teor mínimo de proteína bruta de 7%. O acesso à água foi à vontade e o concentrado foi fornecido duas vezes ao dia, durante as ordenhas da manhã e da tarde.

Para avaliar o consumo voluntário, realizaram-se pesagens individuais, diárias, dos concentrados e da cana-de-açúcar fornecidos, mantendo-se as sobras do volumoso na ordem de 10%, com base na matéria natural.

Para avaliação e quantificação de consumo voluntário, foram considerados os alimentos fornecidos entre o sétimo e o 14º dia de cada período experimental, e as sobras foram pesadas, diariamente, durante a última semana de cada período. Ao final de cada período experimental, foram feitas amostras compostas dos alimentos fornecidos e das sobras, de forma representativa por animal, armazenadas em sacos plásticos e congeladas (-20 °C), para posteriormente serem processadas.

Para estimação dos coeficientes de digestibilidade, foram realizadas coletas de fezes diretamente do reto dos animais, em três dias consecutivos (12º, 13º e 14º), segundo a distribuição: 12º dia - 8 h, 13º dia - 12 h e 14º dia - 16 h. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas (-20°C).

Para análises laboratoriais, as amostras compostas dos alimentos fornecidos, sobras de volumoso e fezes, por animal e por período experimental, foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada (60 °C/72 horas). Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas e processadas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1 mm e 2 mm. Em seguida, elaboraram-se amostras compostas por animal e período experimental, com base no peso da amostra seca ao ar, as quais foram acondicionadas em potes plásticos.

As amostras foram submetidas à lavagem com detergente neutro por uma hora, em temperatura de 100°C. Após a determinação da FDN, foi realizada a determinação

da FDA, seqüencialmente, utilizando-se a mesma metodologia (Detman et al., 2012), substituindo-se o detergente neutro pelo detergente ácido e sem o uso de alfa-amilase.

O teor de carboidratos totais (CT) foi calculado segundo Sniffen et al. (1992):

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

O teor de carboidratos não-fibrosos (CNF) foi calculado segundo Hall (2000), devido à presença de ureia nas dietas:

$$CNF = 100 - [(\%PB - \%PB_{ureia} + \%ur\acute{e}ia) + \%EE + \%Cinzas + \%FDN_{cp}]$$

Os valores de energia das dietas expressos em NDT foram calculados segundo Weiss (1999), a partir dos resultados de digestibilidade aparente obtidos no experimento, conforme a seguinte expressão:

NDT (%) = PB_d + FDN_d + CNF_d + (EE_d x 2,25); em que “d” representa a digestibilidade aparente dos componentes.

As amostras de volumoso e fezes foram secas e moídas em peneira de malha de 2 mm e foram acondicionadas em sacos de TNT (100 g/m², dimensão 4x5 cm). Os sacos foram incubados via fístula no rúmen de uma novilha mestiça, por 264 horas (Casali et al., 2008). Após o período de incubação, os sacos com as amostras foram submetidos à extração com detergente neutro (Mertens, 2002). As estimativas de excreção fecal foram obtidas utilizando-se a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno.

O peso de cada animal foi obtido pelo peso ao início e ao final de cada período experimental. Do sétimo dia ao 14^o dia de cada período experimental, foi registrada a produção de leite. As vacas foram ordenhadas, mecanicamente, duas vezes por dia, às 6h e 14h, com a presença dos bezerros durante as ordenhas. Amostras de leite foram coletadas durante a segunda ordenha do penúltimo dia e a primeira ordenha do último dia de cada período e feitas amostras compostas por animal, acondicionadas em frascos plásticos com conservante Bronopol® para posterior análise dos teores de proteína, gordura, lactose, extrato seco total e contagem de células somáticas, segundo metodologia descrita pelo International Dairy Federation (IDF, 1996).

Uma amostra adicional de 10 mL de leite foi misturada com 5 mL de ácido tricloroacético a 25% para desproteinação e, em seguida, filtrada em papel de filtro para a obtenção do soro do leite e este armazenado para posteriores análises de alantoína no laboratório de Departamento da Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, conforme metodologia preconizada por Chen & Gomes (1992).

A produção de leite corrigida (PLC) para teor de gordura de 3,5% foi estimada segundo Sklan et al. (1992), pela seguinte equação:

$$\text{PLC} = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura do leite}) \times \text{produção de leite em kg/dia.}$$

Uma amostra de urina foi coletada, no último dia de cada período experimental, para determinação da ureia. As amostras foram filtradas em camada tripla de gaze e armazenadas em freezer a -20 °C para posteriores análises laboratoriais. Foi calculada a concentração de nitrogênio ureico no leite (NUL) a partir da seguinte equação, proposta por Chizzotti (2004): $\text{NUL} = 1,1121 \times \text{NUS}$.

Quatro horas após o fornecimento da ração do 14º dia de cada período experimental, foi coletado sangue de todos os animais, via punção na veia coccígea, utilizando-se tubo de ensaio contendo gel separador e acelerador de coagulação. As amostras foram imediatamente centrifugadas a 4.000 rpm por 20 minutos, obtendo-se o soro sanguíneo, que foi armazenado a -20°C, para posterior análise de ureia.

No soro sanguíneo e na urina foi avaliada a concentração de ureia, segundo o método diacetil modificado (kits comerciais). A concentração de N-ureico no soro (NUS) foi obtida pela concentração de ureia sérica, multiplicada por 0,466, correspondente ao teor de nitrogênio na ureia.

Na urina, foram quantificados os compostos nitrogenados e realizadas análises de derivados de purina (alantoína e ácido úrico), por meio do método colorimétrico, conforme Chen & Gomes (1992).

O cálculo do balanço de compostos nitrogenados (BN) foi realizado determinando-se a quantidade média de nitrogênio ingerido durante os três dias (12º ao 14º) em que se mensurou o consumo de alimento dos animais, descontando-se desse valor a quantidade excretada pelos animais. Considerou-se a quantidade de nitrogênio (g/dia) consumida (N-ingerido) e excretada nas fezes (N-fezes), na urina (N-urina) e no leite (N-leite), utilizando-se o método de Kjeldahl descrito por Detmann et al. (2012) para determinação do nitrogênio total nas fezes e na urina.

A excreção total dos derivados de purina (PT) foi estimada pela soma das quantidades de ácido úrico e alantoína excretadas na urina mais a quantidade de alantoína secretada no leite, expressos em mmol/dia.

Os cálculos das purinas microbianas absorvidas (PA.mmol/dia) foram realizados a partir das excreções dos derivados de purina (Ymmol/dia), utilizando-se a fórmula $Y = 0,85PA + 0,385PV^{0,75}$, em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como

derivados urinários de purinas e $0,385 PV^{0,75}$, a excreção endógena de purinas (Verbic et al., 1990).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen foi determinada a partir das purinas absorvidas (PA, mmol/dia) utilizando-se uma modificação da equação descrita por Chen & Gomes (1992), com substituição da relação N-purina:N total nas bactérias de 0,116 para 0,117, conforme relatado por Rennó et al. (2000): $N_{mic} = (70PA/0,83 \times 0,117 \times 1000)$, em que 70 é o conteúdo de nitrogênio de purinas (mgN/mmol) e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

A quantificação do volume urinário diário de cada animal foi feita multiplicando-se o respectivo peso vivo pela quantidade de creatinina excretada diariamente e dividindo-se o produto pela concentração de creatinina (mg/L) na amostra spot. Adotou-se a média 29,00 mg/kg de PV, obtida dos estudos de Valadares et al. (1999), para obtenção da excreção diária total de creatinina.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o Sistema de Análises Estatística e Genética (SAEG), desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa – UFV (2000). O efeito da interação (processamento da cana x nível de concentrado) foi considerado significativo ao nível de 5% de probabilidade. Em caso de interação não significativa, as variáveis foram analisadas independentemente.

As médias para os níveis de concentrado foram avaliadas por modelos de regressão e a comparação entre as médias para o processamento da cana (comparação entre quadrados latinos) foi realizada pelo teste F, adotando-se o nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I, para todas as análises realizadas.

RESULTADOS

Os resultados de consumo de alimentos e de nutrientes em função da forma de utilização da cana-de-açúcar e do nível de concentrado são apresentados na Tabela 3. Não houve interação ($P>0,05$) entre os fatores estudados para nenhuma das variáveis avaliadas. Assim, os efeitos da forma de utilização da cana e dos níveis de concentrado foram discutidos independentemente.

O consumo de matéria seca de volumoso (CMSv) foi maior ($P<0,05$) com a cana picada. No entanto, o CMSv não variou de forma significativa ($P>0,05$) em resposta ao aumento do nível de concentrado das dietas.

A forma de utilização da cana influenciou ($P<0,05$) o CMS e o consumo de matéria orgânica (CMO) das vacas, com os maiores valores de CMS e de CMO observados nos animais alimentados com a cana picada. O CMS e o CMO também foram influenciados ($P<0,05$) pelo nível de concentrado, aumentando de forma linear com o aumento da inclusão de concentrado na dieta.

De forma similar ao observado para o CMS e CMO, o consumo de proteína bruta (CPB), de extrato etéreo (CEE), de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDNcp) e de carboidratos não fibrosos (CCNFcp) variou de forma significativa ($P<0,05$) em função da forma de utilização da cana, com o maior consumo destes constituintes observado nas vacas alimentadas com cana-de-açúcar picada.

O nível de concentrado também influenciou ($P<0,05$) o CPB, o CEE, o CFDNcp e o CCNFcp, que variaram de forma linear crescente em resposta ao aumento do nível de concentrado das dietas experimentais.

Foi constatado efeito ($P<0,05$) da forma de utilização da cana sobre o consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT), sendo que os animais que receberam a cana picada apresentaram maiores valores de CNDT. A elevação do nível de concentrado também exerceu efeito significativo ($P<0,05$) sobre o CNDT que aumentou com o aumento da inclusão de concentrado na dieta.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) da forma de utilização da cana-de-açúcar sobre o CMS e o CMO, quando expressos em g/kg de peso corporal. No entanto, o nível de concentrado exerceu efeito significativo ($P<0,05$) sobre o CMS (g/kg) e o CMO (g/kg), que aumentaram em resposta ao aumento do nível de concentrado.

Tabela 3 – Valores médios do consumo de alimentos e de nutrientes por vacas mestiças em lactação em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias

Item	Cana-de-açúcar		Nível de concentrado (kg)				Valor de P			Regressão	CV (%)
	Picada	Inteira	0,600	1,200	2,400	4,800	FU	NC	FU x NC		
	kg/dia										
CMSv	7,773	7,120	6,950	7,823	7,362	7,649	0,0198	0,1128	0,9999	ns	9,24
CMS	10,048	9,395	7,759	9,166	9,770	12,190	0,0200	0,0000	0,9999	L ¹	7,09
CMO	9,810	9,168	7,573	8,950	9,536	11,896	0,0200	0,0000	0,9999	L ²	7,14
CPB	0,877	0,858	0,516	0,663	0,895	1,396	0,0188	0,0000	0,9999	L ³	5,76
CEE	0,155	0,148	0,100	0,127	0,154	0,224	0,0204	0,0000	0,9999	L ⁴	5,16
CFDNcp	4,667	4,483	4,033	4,587	4,451	4,861	0,0199	0,0080	0,9999	L ⁵	7,74
CCNFcp	4,815	4,522	3,470	4,216	4,791	6,268	0,0201	0,0000	0,9999	L ⁶	6,63
CNDT	6,956	5,878	4,664	5,620	6,565	8,759	0,0000	0,0000	0,2678	L ⁷	6,50
	g/kg de peso corporal										
CMS	22,323	22,110	17,643	21,214	22,394	27,629	0,9999	0,0000	0,9999	L ⁸	8,96
CMO	21,800	21,576	17,218	20,716	21,56	26,962	0,9999	0,0000	0,9999	L ⁹	9,00
CPB	1,943	2,012	1,173	1,529	2,049	3,159	0,0774	0,0000	0,9999	L ¹⁰	5,10
CEE	0,344	0,347	0,228	0,293	0,354	0,507	0,9999	0,0000	0,9999	L ¹¹	7,33
CFDNcp	10,376	10,132	9,170	10,620	10,204	11,025	0,9999	0,0251	0,9999	L ¹²	10,40
CCNFcp	10,698	10,635	7,889	9,757	10,816	14,203	0,9999	0,0000	0,9999	L ¹³	8,57
CNDT	15,456	13,741	10,583	12,973	15,009	19,828	0,0012	0,0000	0,9999	L ¹⁴	7,91
	g/kg ^{0,75}										
CMS	102,823	100,361	80,769	96,697	102,308	126,593	0,9999	0,0000	0,9999	L ¹⁵	8,41
CNDT	71,174	62,397	48,475	59,174	68,614	90,879	0,0003	0,0000	0,9999	L ¹⁶	7,44

CMSv: consumo de matéria seca de volumosa; CMS: consumo de matéria seca total; CMO: consumo de matéria orgânica; CPB: consumo de proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo; CFDNcp: consumo de fibra insolúvel em detergente neutro; CCNFcp: consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT: consumo de nutrientes digestíveis totais.

L: efeito linear (P<0,05); ns: não significativo ($\hat{Y} = 7,446$).

¹ $\hat{Y} = 7,52095 + 0,977975X$ ($r^2 = 0,97$); ² $\hat{Y} = 7,34270 + 0,953716X$ ($r^2 = 0,97$); ³ $\hat{Y} = 0,400733 + 0,207473X$ ($r^2 = 0,99$); ⁴ $\hat{Y} = 0,0870936 + 0,0285113X$ ($r^2 = 0,99$); ⁵ $\hat{Y} = 4,13718 + 0,153826X$ ($r^2 = 0,69$); ⁶ $\hat{Y} = 3,24678 + 0,631714X$ ($r^2 = 0,98$); ⁷ $\hat{Y} = 4,28800 + 0,939624X$ ($r^2 = 0,99$); ⁸ $\hat{Y} = 17,3445 + 2,16686X$ ($r^2 = 0,95$); ⁹ $\hat{Y} = 16,9334 + 2,11313X$ ($r^2 = 0,94$); ¹⁰ $\hat{Y} = 0,928955 + 0,465987X$ ($r^2 = 0,99$); ¹¹ $\hat{Y} = 0,201634 + 0,063885X$ ($r^2 = 0,99$); ¹² $\hat{Y} = 9,52349 + 0,324869X$ ($r^2 = 0,57$); ¹³ $\hat{Y} = 7,49712 + 1,40860X$ ($r^2 = 0,97$); ¹⁴ $\hat{Y} = 9,87502 + 2,09930X$ ($r^2 = 0,99$); ¹⁵ $\hat{Y} = 79,1231 + 9,98614X$ ($r^2 = 0,95$); ¹⁶ $\hat{Y} = 45,0643 + 9,65393X$ ($r^2 = 0,99$).

Da mesma forma que verificado para o CMS (g/kg) e CMO (g/kg), o CPB (g/kg), o CEE (g/kg), o CFDNcp (g/kg) e o CCNFcp (g/kg) não foram influenciados ($P>0,05$) pela forma de utilização da cana, porém aumentaram de forma linear ($P<0,05$) com o aumento da inclusão de concentrado na dieta.

O CNDT (g/kg) foi influenciado ($P<0,05$) pela forma de utilização da cana, sendo que os animais alimentados com a cana-de-açúcar picada apresentaram maior CNDT (g/kg). Foi observado efeito ($P<0,05$) do nível de concentrado sobre o CNDT (g/kg) que aumentou em resposta ao aumento do nível de inclusão de concentrado na dieta das vacas.

A forma de utilização da cana não influenciou ($P>0,05$) o CMS em relação ao peso metabólico dos animais. No entanto, o CMS (g/kg^{0,75}) variou de forma significativa ($P<0,05$), aumentando com o aumento do nível de concentrado.

Houve efeito significativo ($P<0,05$) da forma de utilização da cana-de-açúcar sobre o CNDT (g/kg^{0,75}), sendo que as vacas que receberam a cana picada apresentaram os maiores valores de CNDT (g/kg^{0,75}). O nível de concentrado também exerceu efeito significativo ($P<0,05$) sobre o CNDT (g/kg^{0,75}), variando de forma linear crescente com o aumento da inclusão do nível de concentrado na dieta.

Os resultados de digestibilidade da MS, da MO, dos demais constituintes e o teor de NDT em função da forma de utilização da cana-de-açúcar e do nível de concentrado estão apresentados na Tabela 4. Não houve interação ($P>0,05$) entre os fatores estudados para nenhuma das variáveis avaliadas. Dessa forma, os efeitos da forma de utilização da cana e dos níveis de concentrado foram discutidos separadamente.

Foi constatado efeito da forma de utilização da cana ($P<0,05$) sobre a digestibilidade da MS (DMS) e da MO (DMO), sendo que os maiores valores de DMS e DMO foram observados para os animais alimentados com a cana-de-açúcar picada. O nível de concentrado também influenciou ($P<0,05$) a DMS e a DMO que aumentaram com o aumento da inclusão de concentrado na dieta das vacas.

A forma de utilização da cana influenciou ($P<0,05$) a digestibilidade da proteína bruta (DPB), da fibra insolúvel em detergente neutro (DFDNcp) e dos carboidratos não fibrosos (DCNFcp), que foram maiores nos animais que receberam a cana-de-açúcar picada. No entanto, a digestibilidade do extrato etéreo (DEE) não foi influenciada ($P>0,05$) pela forma de utilização da cana.

Tabela 4 – Valores médios de digestibilidade aparente da matéria seca, dos constituintes e o teor de nutrientes digestíveis totais para vacas mestiças em lactação em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias

Item (%)	Cana-de-açúcar		Nível de concentrado (kg)				Valor de P			Regressão	CV (%)
	Picada	Inteira	0,600	1,200	2,400	4,800	FU	NC	FU x NC		
DMS	55,17	49,71	46,58	50,45	53,59	59,15	0,0029	0,0004	0,0663	L ¹	7,93
DMO	58,14	52,89	50,16	53,67	56,60	61,64	0,0021	0,0004	0,0631	L ²	6,83
DPB	47,01	39,21	33,24	35,97	51,15	52,07	0,0011	0,0000	0,9999	L ³	11,97
DEE	68,38	65,37	61,74	66,73	69,09	69,94	0,9999	0,3825	0,9999	ns ^a	14,77
DFDNcp	47,81	39,93	40,80	39,35	43,61	51,72	0,0002	0,0004	0,2280	L ⁴	9,87
DCNFcp	83,27	78,22	77,51	80,65	82,65	82,18	0,0018	0,0552	0,9999	ns ^b	4,44
NDT	68,38	61,64	59,87	61,46	66,97	71,74	0,0000	0,0000	0,1706	L ⁵	4,32

DMS: digestibilidade da matéria seca; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; DPB: digestibilidade da proteína bruta; DEE: digestibilidade do extrato etéreo; DFDNcp: digestibilidade da fibra insolúvel em detergente neutro; DCNFcp: digestibilidade de carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais.

L: efeito linear (P<0,05); ns: não significativo - ^aŶ = 66,88; ^bŶ = 80,75.

¹Ŷ = 46,1290 + 2,80520X (r² = 0,96); ²Ŷ = 49,7480 + 2,56421X (r² = 0,96); ³Ŷ = 32,7058 + 4,62303X (r² = 0,75); ⁴Ŷ = 37,3945 + 2,87778X (r² = 0,94); ⁵Ŷ = 58,560 + 2,866X (r² = 0,96).

Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) do nível de concentrado sobre a digestibilidade dos constituintes apenas para a DPB e DFDNcp, que aumentaram de forma linear com o aumento do nível de concentrado da dieta.

Com relação ao teor de nutrientes digestíveis totais (NDT), observou-se variação significativa ($P < 0,05$) em função da forma de utilização da cana, sendo que a cana picada possibilitou maior teor de NDT em relação à cana-de-açúcar inteira. O nível de concentrado também influenciou ($P < 0,05$) o teor de NDT, que aumentou em resposta ao aumento da inclusão de concentrado nas dietas experimentais.

Com base nos valores de CMS e de constituintes, observados neste estudo em comparação das exigências nutricionais, sugeridas por Lana (2007), verifica-se que a necessidade de PB só foi satisfeita com o tratamento de 4,8 kg de concentrado, nos animais recebendo cana picada e a exigência de NDT foi satisfeita nos tratamentos com 4,8 kg de concentrado, nos animais recebendo os dois tipos de cana (Tabela 5).

Os resultados de produção e composição do leite, variação diária de peso, eficiência alimentar e resposta produtiva, em função da forma de utilização da cana-de-açúcar e do nível de concentrado são apresentados na Tabela 6. Não houve interação ($P > 0,05$) entre os fatores estudados para nenhuma das variáveis avaliadas. Sendo assim, os efeitos do processamento da cana e dos níveis de concentrado foram discutidos independentemente.

Tabela 5 – Valores observados de consumo de matéria seca e de nutrientes, em função do nível de concentrado da dieta, dentro de cada tipo da forma de utilização da cana-de-açúcar e exigências estimadas para vacas mestiças em lactação

Item (kg/dia)	Exigência ¹ (kg/dia)	Nível de concentrado (kg)							
		Cana inteira				Cana picada			
		0,6	1,2	2,4	4,8	0,6	1,2	2,4	4,8
CMS	11,90	7,27	9,01	9,28	12,03	8,25	9,33	10,27	12,35
CNDT	7,50	4,26	5,23	5,83	8,08	5,07	6,01	7,30	9,44
CPB	1,42	0,51	0,66	0,88	1,39	0,53	0,67	0,91	1,43
CFDN	3,34	3,76	4,40	4,17	4,77	4,31	4,68	4,73	4,95
Diferença ²									
CMS		-4,63	-2,89	-2,62	0,13	-3,65	-2,57	-1,63	0,45
CNDT		-3,24	-2,27	-1,67	0,58	-2,43	-1,49	-0,20	1,94
CPB		-0,91	-0,76	-0,54	-0,03	-0,89	-0,75	-0,51	0,01
CFDN		0,42	1,06	0,83	1,43	0,97	1,34	1,39	1,61

¹Exigências estabelecidas com base nos dados sugeridos por Lana (2007), para vacas após três semanas de lactação, com 454 kg de peso e produção diária de 7 kg de leite.

²Diferenças entre a quantidade consumida e as exigências estabelecidas para vacas em lactação.

Tabela 6 – Valores médios de produção e composição do leite, variação diária de peso e eficiência alimentar de vacas mestiças em lactação em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias

Item	Cana-de-açúcar		Nível de concentrado (kg)				Valor de P			Regressão	CV (%)
	Picada	Inteira	0,600	1,200	2,400	4,800	FU	NC	FU x NC		
Leite (kg/dia)	6,033	5,284	4,981	5,414	5,912	6,327	0,0002	0,0001	0,9999	L ¹	7,08
PLC (kg/dia)	6,793	5,986	5,552	6,132	6,623	7,250	0,0059	0,0022	0,9999	L ²	9,81
Gordura (%)	4,25	4,31	4,19	4,32	4,23	4,39	0,8714	0,4102	0,6744	ns ^a	8,94
Proteína (%)	3,31	3,17	3,27	3,22	3,25	3,22	0,0655	0,3502	0,1677	ns ^b	5,56
Lactose (%)	4,60	4,56	4,52	4,60	4,60	4,60	0,1654	0,1430	0,1431	ns ^c	1,62
EST (%)	12,31	12,32	12,39	12,28	12,33	12,26	0,9956	0,9897	0,9999	ns ^d	8,98
ESD (%)	8,75	8,75	8,74	8,78	8,74	8,76	0,9999	0,9999	0,9999	ns ^e	2,21
CCS	163	164	157	202	124	173	0,4788	0,4704	0,2802	ns ^f	68,48
VDP (kg/dia)	- 0,338	- 0,683	- 0,978	- 0,627	- 0,372	-0,063	0,0102	0,0007	0,9999	L ³	32,58
EA	0,607	0,580	0,648	0,609	0,595	0,521	0,2010	0,0049	0,9999	L ⁴	9,40
RP	---	---	---	0,722	0,415	0,173	0,0014	0,0000	0,1847	L ⁵	8,86

PLC: produção de leite corrigida para 3,5% de gordura; EST: extrato seco total; ESD: extrato seco desengordurado; CCS: contagem de células somáticas (/1000mL), VDP: variação diária de peso; EA: eficiência alimentar (kg de leite/kg de MS consumida); RP: resposta produtiva (kg de leite/kg de concentrado acima da dieta 0,6).

L: efeito linear (P<0,05); ns: não significativo - ^aŶ = 4,28; ^bŶ = 3,24; ^cŶ = 4,58; ^dŶ = 12,32; ^eŶ = 8,76; ^fŶ = 164.

¹Ŷ = 4,98062 + 0,301266X (r² = 0,91); ²Ŷ = 5,54536 + 0,375119X (r² = 0,93); ³Ŷ = - 0,9569 + 0,1986X (r² = 0,90); ⁴Ŷ = 7,34500 - 1,42062X (r² = 0,97); ⁵Ŷ = 0,843 - 0,1451X (r² = 0,93).

A produção de leite das vacas e a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura foram influenciadas ($P < 0,05$) pela forma de utilização da cana-de-açúcar, sendo que a cana picada possibilitou maior produção de leite e maior produção de leite corrigida. De forma similar, a produção de leite e a produção de leite corrigida também foram influenciadas ($P < 0,05$) pelo nível de concentrado, aumentando de forma linear com o aumento da adição de concentrado nas dietas.

Não foi observado efeito ($P > 0,05$) da forma de utilização da cana e do nível de concentrado sobre os componentes do leite (proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado) e sobre a contagem de células somáticas.

A forma de utilização da cana influenciou ($P < 0,05$) a variação diária de peso (VDP) dos animais, sendo que as vacas que receberam a cana picada apresentaram menor valor de VDP. Também foi constatado efeito significativo ($P < 0,05$) do nível de concentrado sobre a VDP, que diminuiu com o aumento da inclusão de concentrado nas dietas experimentais.

A eficiência alimentar (EA) dos animais não foi afetada ($P > 0,05$) pela forma de utilização da cana-de-açúcar, porém, variou de forma significativa ($P < 0,05$) em função do nível de concentrado, piorando de forma linear com o aumento do nível de concentrado na dieta.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) do processamento da cana sobre a resposta produtiva, com os melhores valores observados para os animais alimentados com a cana picada. A resposta produtiva também foi influenciada ($P < 0,05$) pelo nível de concentrado da dieta, diminuindo em resposta ao aumento da inclusão de concentrado.

Os resultados de consumo, excreções médias diárias e balanço dos compostos nitrogenados em função da forma de utilização da cana-de-açúcar e do nível de concentrado são apresentados na Tabela 7. Não houve interação ($P > 0,05$) entre os fatores estudados para nenhuma das variáveis avaliadas. Assim, os efeitos da forma de utilização da cana e dos níveis de concentrado foram discutidos independentemente.

O nitrogênio ingerido foi afetado ($P < 0,05$) pela forma de utilização da cana, sendo que os animais que receberam a cana-de-açúcar picada apresentaram maior ingestão de nitrogênio quando comparados com as vacas alimentadas com a cana inteira.

Tabela 7 – Valores médios de consumo, excreções médias diárias e balanço de compostos nitrogenados em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias

Item (g/dia)	Cana-de-açúcar		Nível de concentrado (kg)				Valor de P			Regressão	CV (%)
	Picada	Inteira	0,600	1,200	2,400	4,800	FU	NC	FU x NC		
NI	140,26	137,36	82,58	106,00	143,26	223,39	0,0188	0,0000	0,9999	L ¹	2,18
NF	84,02	94,37	76,12	93,59	78,51	108,54	0,1674	0,0236	0,0786	L ²	17,34
NU	34,47	27,39	28,28	29,43	39,13	26,87	0,1211	0,2156	0,9999	ns ^a	24,79
NL	31,22	26,27	25,59	27,28	30,11	32,00	0,9999	0,1200	0,0705	ns ^b	8,82
NEB	35,20	35,25	35,09	35,60	35,27	35,02	0,0002	0,9999	0,9999	ns ^c	2,34
BN	4,63	- 9,91	- 38,53	- 35,86	12,45	51,38	0,0271	0,0000	0,9999	L ³	29,19
NR	- 34,47	- 44,45	- 74,16	- 71,16	- 22,44	15,87	0,0000	0,0414	0,9999	L ⁴	22,32

NI: nitrogênio ingerido; NF: nitrogênio nas fezes; NU: nitrogênio na urina; NL: nitrogênio no leite; NEB: nitrogênio endógeno basal; BN: balanço de nitrogênio; NR: nitrogênio retido.

L: efeito linear (P<0,05); ns: não significativo - ^aŶ = 30,93; ^bŶ = 28,75; ^cŶ = 35,23.

¹Ŷ = 64,1173 + 33,1957X (r² = 0,99); ²Ŷ = 75,1322 + 6,24822X (r² = 0,60); ³Ŷ = - 53,5355 + 22,6204X (r² = 0,96); ⁴Ŷ = - 88,8629 + 22,6230X (r² = 0,95).

O nível de concentrado da dieta também influenciou ($P < 0,05$) o nitrogênio ingerido pelos animais, cujo valor aumentou em resposta ao aumento da inclusão de concentrado na dieta.

A forma de utilização da cana não afetou ($P > 0,05$) o nitrogênio presente nas fezes (NF), no entanto, o NF variou de forma significativa ($P < 0,05$) em função do nível de concentrado, aumentando com a adição de concentrado na dieta das vacas.

Não foi observado efeito significativo ($P > 0,05$) da forma de utilização da cana ou do nível de concentrado sobre o nitrogênio excretado na urina (NU), o nitrogênio no leite (NL) e o nitrogênio endógeno basal (NEB).

O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi afetado ($P < 0,05$) pela forma de utilização da cana-de-açúcar, sendo que a cana picada proporcionou os maiores valores de BN. Foi observado efeito ($P < 0,05$) do nível de concentrado sobre o BN, que aumentou em resposta ao aumento do nível de concentrado das dietas experimentais.

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) da forma de utilização da cana sobre o nitrogênio retido (NR), com o maior valor observado para os animais que receberam a cana picada. Também foi constatado efeito significativo ($P < 0,05$) do nível de concentrado sobre o NR, que aumentou com a adição de concentrado na dieta experimental.

Na Tabela 8 são apresentados os valores para as excreções diárias de alantoína, ácido úrico na urina, purinas totais, purinas absorvidas, compostos nitrogenados microbianos, produção de PB microbiana, relação N microbiano/N ingerido e concentração de N uréico no soro sanguíneo, em função da forma de utilização da cana-de-açúcar, do nível de concentrado e a interação entre os fatores estudados (forma de utilização x nível de concentrado). Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre os fatores estudados para nenhuma das variáveis avaliadas. Assim, os efeitos da forma de utilização da cana e dos níveis de concentrado foram discutidos separadamente.

A forma de utilização da cana-de-açúcar e o nível de concentrado das dietas não influenciaram ($P > 0,05$) a excreção diária de alantoína na urina, alantoína no leite e o ácido úrico presente na urina.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) da forma de utilização da cana sobre os valores de purinas totais (PT) e purinas absorvidas (PA). No entanto, a variação no nível de concentrado das dietas experimentais influenciou significativamente ($P < 0,05$) os valores de PT e PA que aumentaram de forma linear com o aumento de inclusão de concentrado na dieta.

Tabela 8 – Valores médios de excreções diárias de alantoína, ácido úrico na urina, purinas totais e absorvidas, compostos nitrogenados microbianos, produção de proteína bruta microbiana, relação nitrogênio microbiano/nitrogênio ingerido e concentração de nitrogênio ureico no soro sanguíneo em função da forma de utilização da cana (FU) e do nível de concentrado (NC), a probabilidade da interação entre os fatores estudados (FU x NC), a regressão em função do nível de concentrado e o coeficiente de variação (CV) das médias

Item	Cana-de-açúcar		Nível de concentrado (kg)				Valor de P			Regressão	CV (%)
	Picada	Inteira	0,600	1,200	2,400	4,800	FU	NC	FU x NC		
ALAU ⁱ	90,73	83,46	60,59	70,85	108,04	100,59	0,9999	0,2428	0,1740	ns ^a	15,31
ALAL ⁱ	1,53	1,52	1,53	1,51	1,54	1,52	0,0970	0,3519	0,2745	ns ^b	1,16
AU ⁱ	13,27	12,18	13,31	12,27	13,04	12,29	0,9999	0,9999	0,9999	ns ^c	14,73
PT ⁱ	116,65	106,60	82,13	94,02	128,12	142,23	0,9999	0,0065	0,3080	L ¹	14,56
PA ⁱ	92,86	88,35	52,63	67,35	107,78	134,65	0,9999	0,0041	0,1077	L ²	18,37
Nmic ⁱⁱ	67,51	64,23	38,26	48,97	78,36	97,90	0,9999	0,0034	0,1706	L ³	12,73
PBmic ⁱⁱⁱ	6,90	6,68	5,25	5,67	7,38	8,85	0,9999	0,0121	0,3554	L ⁴	9,68
Nmic/NI	0,51	0,45	0,47	0,46	0,55	0,45	0,9999	0,9999	0,1921	ns ^d	11,07
NUS ^{iv}	13,87	12,12	11,99	12,74	13,37	13,87	0,0100	0,1686	0,0757	ns ^e	12,49
NUL ^{iv}	15,42	13,47	13,34	14,17	14,87	15,43	0,0100	0,1687	0,0657	ns ^f	12,48

ALAU: alantoína na urina; ALAL: alantoína no leite; AU: ácido úrico na urina; PT: purinas totais; PA: purinas absorvidas; Nmic: nitrogênio microbiano; PBmic: produção de proteína bruta microbiana; Nmic/NI: relação Nmic/N ingerido; NUS: nitrogênio uréico do soro; NUL: nitrogênio uréico no leite.

Valores em: ⁱmmol/dia; ⁱⁱg/dia; ⁱⁱⁱg/100g de NDT; ^{iv}mg/dl.

L: efeito linear (P<0,05); ns: não significativo - ^a $\hat{Y} = 87,10$; ^b $\hat{Y} = 1,53$; ^c $\hat{Y} = 12,73$; ^d $\hat{Y} = 0,48$; ^e $\hat{Y} = 13,00$; ^f $\hat{Y} = 14,45$.

¹ $\hat{Y} = 79,5202 + 14,2682X$ ($r^2 = 0,88$); ² $\hat{Y} = 46,6962 + 19,5146X$ ($r^2 = 0,93$); ³ $\hat{Y} = 33,9501 + 14,1882X$ ($r^2 = 0,93$); ⁴ $\hat{Y} = 4,81514 + 0,876856X$ ($r^2 = 0,96$).

De forma similar ao observado para PT e PA, o nitrogênio microbiano (Nmic) e a produção de PB (PBmic) foram influenciados ($P < 0,05$) apenas pelo nível de concentrado das dietas, aumentando com a adição de concentrado na dieta ofertada aos animais.

A relação entre o nitrogênio microbiano e o nitrogênio ingerido (Nmic/NI) não foi influenciada ($P > 0,05$) pela forma de utilização da cana-de-açúcar. Do mesmo modo, o nível de concentrado também não afetou ($P > 0,05$) a relação Nmic/NI.

Com relação ao nitrogênio uréico do soro sanguíneo (NUS) e o nitrogênio uréico no leite (NUL), observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) apenas em função da forma de utilização da cana, com os maiores valores observados para os animais alimentados com cana-de-açúcar picada.

DISCUSSÃO

Com base nos valores absolutos de temperatura do ar mínima (8°C) e máxima (33,8°C) verificados durante o período experimental (INMET, 2012), pode-se inferir que os animais foram submetidos a estresse por calor, em algum momento do experimento, uma vez que Huber (1990) e Almeida et al. (2011) caracterizaram um ambiente termoneutro para vacas em lactação como aquele com temperatura variando na faixa de 4 a 26 °C.

O índice de temperatura e umidade (ITU) estimado com base nos valores de temperatura máxima média (28,24°C) e máxima absoluta (33,8°C) corresponderam, respectivamente, a 78 e 86. Considerando o relato de Azevedo et al. (2005) de que o limite crítico superior de ITU para vacas mestiças leiteiras (Holandês-Zebu), de acordo com o grupo genético, seria de 80 (1/2 HZ), 77 (3/4 HZ) e 75 (7/8 HZ), confirma a proposição anterior de que os animais foram submetidos ao estresse por calor em algum momento do período experimental.

O maior consumo de matéria seca de volumoso (CMSv) foi obtido com cana picada, provavelmente, pelo efeito de diminuição do tamanho de partícula e menor tempo de retenção no rúmen, o qual aumenta a ingestão de MS. De acordo com Van Soest (1994), o tamanho de partícula e o teor de fibra em detergente neutro (FDN) têm uma relação inversamente proporcional com a capacidade de ingestão de alimento. Desse modo, a fração FDN do alimento pode ser utilizada como indicador na avaliação do enchimento ruminal. A partir desses conceitos, pode-se inferir que rações com alto conteúdo de FDN e tamanho de partícula longo limitariam o consumo de alimento, o que pode ajudar a explicar o menor CMSv dos animais recebendo a cana inteira, obtido neste trabalho. Sendo assim, o baixo CMS pelos animais seria o principal responsável pelo menor desempenho, devido, entre outros fatores, à menor ingestão de nutrientes.

Dessa forma, pode-se atribuir à cana inteira o menor CMSv pelo fato de apresentar maior efeito de enchimento, o qual limita o espaço ruminal e aumenta o tempo de retenção no rúmen. Além disso, foi verificado que os animais consumindo este volumoso apresentaram menor consumo do colmo e maior consumo da folha da cana, a qual, segundo Teixeira (2007), apresenta maior conteúdo de fibra de baixa digestibilidade. Da mesma forma, Siécola Júnior (2011), fazendo remoção das palhas da cana, reduziu o teor de FDN da cana entre 6,8 e 10,4 unidades percentuais. Em

acordo, Carvalho et al. (2010) relataram que o colmo da cana-de-açúcar apresenta menor teor total de FDN comparado com as folhas (38,2% vs 68,7% da MS) e, além disso, maior digestibilidade in vitro da MS (66,3% vs 47,7% MS), confirmando o proposto por Teixeira (2007), de que, dentre as características agrônômicas e bromatológicas da cana-de-açúcar, a porcentagem de fibra (FDN ou fibra em detergente ácido) é a mais correlacionada com a digestibilidade da MS.

O CMSv não foi influenciado segundo o nível de concentrado, entretanto, alguns autores relatam que o aumento do fornecimento de concentrados com alto teor de energia reduz o CMSv (Caton & Dhuyvetter 1997), fato não ocorrido neste experimento, possivelmente pela alta relação volumoso:concentrado (V:C) utilizada.

A FDN fisicamente efetiva (FDNfe) é aquela fração do alimento que estimula a atividade de mastigação e está relacionada com o tamanho de partícula do alimento (Mertens, 1997). Neste experimento, os animais recebendo a cana inteira teriam, provavelmente, maior FDNfe na dieta, a qual, conseqüentemente levaria à diminuição do CMSv.

O CMSv encontrado neste estudo é um pouco abaixo do encontrado por Mendonça et al. (2004), que reportaram consumo variando de 7,8 a 8,9 kg/vaca/dia, com relação V:C de 60:40, e por Oliveira et al. (2007), que encontraram consumo de cana variando de 7,4 a 8,1 kg de MS, com relação V:C de 40:60. O consumo de cana-de-açúcar, no trabalho de Aquino et al. (2007), variou de 6,4 a 6,9 kg de MS por vaca, quando esta representava 40% da dieta, abaixo do CMSv deste estudo. Entretanto, Magalhães et al. (2004), trabalhando com relação V:C de 60:40, encontraram consumo de cana-de-açúcar superior ao relatado neste estudo, na ordem de 10,3 kg MS por vaca por dia.

Houve maior CMS para os animais recebendo cana picada devido, provavelmente, ao menor tamanho médio de partícula e maior digestibilidade da fibra, assim como foi inferido para justificar o maior CMSv pelas vacas alimentadas com cana picada.

Foi obtido efeito linear para o CMS, em resposta ao aumento da inclusão de concentrado na dieta. Como não houve efeito do nível de concentrado sobre o CMSv, os animais que receberam o maior nível de concentrado acabaram, conseqüentemente, apresentando maior CMS. Da mesma forma, Pimentel et al. (2006) verificaram aumento do CMS conforme a maior inclusão de concentrado na dieta de vacas mestiças em lactação.

A cana inteira exerceu efeito negativo sobre o CMO, sobre o consumo dos constituintes da dieta (CPB, CEE, CFDN_{cp} e CCNF_{cp}) e sobre o CNDT, sendo que os animais recebendo cana picada apresentaram maior consumo das variáveis anteriores. Os resultados obtidos no presente trabalho podem ser explicados pelo maior CMS_v e CMS, o que, provavelmente, levou a uma maior ingestão de MO, de nutrientes e de NDT. Em concordância, Kononoff et al. (2003) relataram existir uma tendência de diminuição do CMS e de nutrientes com o aumento do tamanho de partícula do volumoso. Do mesmo modo, Santos et al. (2008) afirmou que, quando as dietas fornecidas para vacas em lactação apresentam alta relação V:C, a redução do tamanho médio de partícula do volumoso pode aumentar a taxa de passagem das partículas pelo rúmen e, em consequência, aumentar a ingestão da dieta, o que pode ter ocorrido no presente estudo, uma vez que se utilizou uma alta relação V:C, resultando em redução do CMS dos animais recebendo cana inteira.

O padrão de respostas obtidos para o CMO, consumo de nutrientes e CNDT, em função do nível do concentrado, pode ser justificado pelo aumento do CMS com o aumento do nível de concentrado das dietas. Bargo et al. (2003), em uma meta-análise feita de mais de 20 trabalhos, mostraram que o aumento do consumo de concentrado elevou o consumo total de MS pelas vacas leiteiras, estando de acordo com o presente trabalho.

Com respeito ao aumento da digestibilidade aparente da MS, MO e nutrientes (PB, FDN_{cp} e CNF_{cp}), observada para os animais que receberam a cana picada foi devido à menor ingestão da fração da palha. Conforme relatado anteriormente, foi evidenciado maior consumo de palha em relação ao colmo nos animais recebendo cana inteira. Segundo Siécola Júnior (2011), a despalha da cana pode aumentar o ganho médio diário de peso de novilhas leiteiras e tende a aumentar a digestibilidade da dieta oferecida para as vacas leiteiras em fase final de lactação. Este mesmo autor evidenciou efeito favorável da maior relação colmo:folha da cana-de-açúcar sobre o desempenho animal. Além disso, as folhas apresentam maior conteúdo proteico em relação ao colmo (5 a 6 vezes maior), mas os colmos representam aproximadamente 80% da planta (Rodrigues et al., 1997). Entretanto, folhas apresentam maior teor de FDN e menor digestibilidade que os colmos (Preston, 1977).

A maior digestibilidade da FDN_{cp}, observada para a cana picada, ajuda a explicar o padrão de CMS obtido em função do processamento da cana, uma vez que,

segundo Preston (1982), a digestibilidade da fibra exerce grande efeito sobre o CMS dos animais.

A digestibilidade aparente do extrato etéreo (EE) não variou de forma significativa em função da forma de utilização da cana, provavelmente, em virtude dos baixos níveis de EE presentes neste volumoso (1,13% da MS); assim, segundo Siécola Júnior (2011), a importância da cana-de-açúcar como fonte de energia na forma de gordura é praticamente nula.

Uma possível explicação para o aumento da digestibilidade aparente da MS, MO e nutrientes, em função do nível do concentrado, observado no presente estudo, pode estar relacionada ao aumento do teor de PB com a maior inclusão de concentrado na dieta, o qual gera maior ingestão de compostos nitrogenados, permitindo maior desenvolvimento dos microrganismos ruminais, sobretudo daqueles agentes que digerem a fibra, favorecendo aumento do consumo, taxa de passagem e aproveitamento dos nutrientes (Broderick, 2003).

Os valores de consumo de MS e de nutrientes, e as exigências nutricionais, estimadas segundo Lana (2007), no presente estudo, são semelhantes aos reportados por Mestra Vargas (2011), que, avaliando silagem de milho com níveis crescentes de concentrado supriu as exigências nutricionais de PB somente no tratamento com maior nível de concentrado (3,2 kg) e, o mesmo autor, avaliando níveis de concentrado com cana-de-açúcar, não atendeu as exigências nutricionais de NDT e PB, embora tenha observado maior produção de leite (9,2 L/dia). Com base nos valores de consumo de MS observados e nos valores de exigência propostos para esta categoria animal, pode-se inferir que um dos motivos para a maior perda de peso e menor produção de leite (Tabela 6) obtidos para as vacas que receberam os menores níveis de concentrado e cana inteira, pode estar relacionado ao fato do não atendimento das exigências nutricionais destes animais (Tabela 5).

A produção de leite foi influenciada pelos tipos de cana ($P < 0,05$), reportando-se menor produção nos animais recebendo cana inteira. Os resultados obtidos no presente estudo podem estar relacionados com o menor consumo de MS e de nutrientes pelas vacas que receberam cana inteira (maior tamanho de partícula e menor digestibilidade da fibra), confirmando o relato de Kononoff et al. (2003) de que há uma tendência de diminuição do CMS e, conseqüentemente, de nutrientes pelos animais com o aumento do tamanho de partícula do volumoso, o que pode ter limitado a produção de leite das vacas. Em adição, Carvalho et al. (2010) afirmaram que, em

relação à nutrição de ruminantes, a baixa digestibilidade da fibra seria um dos fatores mais limitantes ao desempenho animal.

O aumento da produção de leite, em resposta ao aumento do nível de concentrado, pode ser justificado pelo maior consumo de MS e maior digestibilidade, o que, possivelmente, disponibilizou maior quantidade de nutrientes para sustentar uma maior produção de leite.

Além disso, o aumento do nível de concentrado, possivelmente, resultou em maior consumo de energia pelas vacas, o que, segundo Bauman & Griinari (2003), aumenta a concentração molar de propionato no rúmen, levando a uma maior quantidade de substrato para produção de glicose no fígado. E, a conseqüente maior quantidade de glicose disponível seria usada como precursora da síntese de lactose, a qual, por sua vez, promoveria incremento do potencial osmótico na glândula mamária, favorecendo o transporte de água para o interior do lúmen alveolar, principal fator responsável pelo aumento da produção de leite.

A produção de leite obtida neste estudo é inferior à encontrada por Pimentel (2008), que, avaliando quatro níveis de concentrado (0,18; 1,25; 2,50 e 5,00 kg/dia); para vacas mestiças, obteve resultados de 6,5; 7,6; 8,6 e 8,6 L/dia respectivamente. Da mesma forma, Paiva et al. (1991) encontraram resultados semelhantes ao fornecerem 4 kg de concentrado/vaca/dia em dieta à base de cana-de-açúcar. Em desacordo, Mestra Vargas (2011), avaliando cinco níveis de concentrado e diferentes proporções de farelo de soja e milho, obteve maiores produções em vacas mestiças 8,6; 8,7; 7,4; 9,2 e 9,2 kg de leite/dia. Por outro lado, produções mais elevadas (17 a 24 kg/vaca/dia) foram obtidas por Magalhães et al. (2004), Mendonça et al. (2004), Costa et al. (2005), Aquino et al. (2007), Oliveira et al. (2007) e Queiroz et al. (2008), com maior inclusão de concentrado na dieta.

A baixa produção de leite observada neste trabalho pode estar, ainda, relacionada ao baixo potencial genético, associado ao fato dos animais se encontrarem, durante parte do período experimental, fora da zona de termoneutralidade, sendo submetidos ao estresse por calor. De forma similar, Almeida et al. (2011) relataram diminuição da produção de leite em vacas mestiças mantidas em ambiente de estresse por calor (acima de 26°C). Em adição, Ferreira (2005) afirmou que vacas leiteiras mantidas em ambiente com temperatura do ar acima de 25°C apresentam redução da produção de leite devido, principalmente, à redução do consumo de alimento e diminuição da taxa metabólica.

Não houve diferença na composição do leite em resposta à forma de utilização da cana e ao nível de concentrado, embora Fischer et al. (1994) e Santos et al. (2008) tenham encontrado uma relação diretamente proporcional de teor de gordura do leite de vacas alimentadas com cana-de-açúcar em função do tamanho de partícula do volumoso. Por outro lado, com o aumento do nível de concentrado na dieta, esperava-se diminuição do teor de gordura no leite (Bauman & Griinari, 2003), caso não acontecido neste estudo devido, possivelmente, à alta relação V:C nas dietas ofertadas. Similarmente, Pimentel et al. (2011) e Mestra Vargas (2011) não encontraram alterações na composição do leite em resposta ao aumento do nível de concentrado. De acordo com Santos et al. (2008), vacas em estágio de lactação avançado são menos responsivas em relação a mudanças na composição do leite, em função da dieta ofertada.

A variação diária de peso foi menor para os animais recebendo cana picada em função do maior CMSv, em virtude da diminuição do tamanho médio da partícula, o qual leva a uma maior superfície específica do volumoso, melhor digestibilidade do alimento, possibilitando aumento do consumo (Owens & Goetsch, 1993). Os resultados obtidos no presente estudo são semelhantes aos reportados por Vilela et al. (2003), que, avaliando diferentes suplementos, ureia (CAU), milho moído (CMM), farelo de algodão (CFA) e farelo de trigo (CFT) para vacas mestiças em lactação, com produção de leite média de 7 kg por animal/dia, alimentadas com cana-de-açúcar, observaram variação diária de peso de -0,8; -0,2; -0,6; 0,1 kg/dia, respectivamente, para os tratamentos CAU, CFA, CMM e CFT.

Entretanto, Magalhães et al. (2004), avaliando o efeito de quatro níveis de substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar (0; 33; 66 e 100%) em dietas para vacas produzindo 24 kg de leite por dia, verificou que a produção decresceu linearmente com o aumento dos níveis de substituição da silagem de milho, o que pode ser explicado pela redução dos consumos de MS, PB e NDT. Os animais que consumiram dietas com 0; 33,3; 66,6 e 100% de cana-de-açúcar como volumoso apresentaram variação de peso corporal de 0,89; 0,49; -0,16 e -0,53kg/dia, respectivamente. Semelhantemente, Cordeiro et al. (2007), trabalhando com diferentes níveis de PB (11,5; 13,0; 14,5 e 16%), encontraram perda de peso em animais consumindo de -1,53; -0,20; -0,03 e 0,50 kg, respectivamente.

A eficiência alimentar foi influenciada pelo nível de concentrado da dieta, sendo a melhor eficiência de utilização obtida com o menor nível de concentrado.

Com base nos resultados observados, pode-se inferir que houve decréscimo na resposta para produção de leite pelos animais, com o aumento da ingestão de nutrientes. Em adição, Costa et al. (2011), avaliando a eficiência alimentar de vacas em lactação, obteve respostas em que os animais não converteram o alimento em leite, mas sim em gordura, aumentando o peso corporal e não aumentando a produção de leite, sugerindo que os animais escolhidos provavelmente não possuíam potencial genético para elevada produção, o que pode ter ocorrido neste trabalho.

O comportamento para a resposta produtiva dos animais, obtido no presente estudo, concorda com o observado por Lana et al. (2009), Mestra Vargas (2011) e Pimentel et al. (2011), que também relatam respostas decrescentes na resposta produtiva com o aumento do nível de suplementação. Estes resultados confirmam o relato de Bargo et al. (2003), que afirmaram que o aumento da produção de leite por quilo de concentrado diminui com o aumento da quantidade de concentrado fornecido aos animais, ou seja, quanto maior a taxa de substituição do volumoso, menor é a resposta produtiva ao uso de concentrado.

De forma semelhante ao relatado neste trabalho, Lana et al. (2005), em análises de dados de 11 pesquisas, observaram resposta média de 0,72 kg leite por kg concentrado, em vacas mestiças com produções de leite de 12 kg/dia. Entretanto, estes resultados são superiores aos encontrados por Bargo et al. (2003) e por Costa et al. (2005), que relataram relação de 1,0 kg de leite por kg de concentrado e de 0,52 a 0,61 kg de leite por kg concentrado, respectivamente.

Os resultados obtidos para eficiência alimentar (kg leite/kg MS consumida) e resposta produtiva (kg de leite / kg de concentrado) podem estar relacionados com uma provável redução da utilização dos nutrientes com o aumento da quantidade de concentrado da dieta devido, entre outros fatores, à existência de um limite biológico de utilização dos nutrientes pelos animais, assim como proposto por Lana (2007). De acordo com Lana et al. (2005) e Pimentel et al. (2006), a redução da eficiência de utilização dos nutrientes para produção pode estar relacionada à cinética de saturação de Michaelis-Menten, típica de sistemas enzimáticos, nas quais as respostas biológicas aos nutrientes da dieta reduzem pelo aumento da concentração de substrato, devido ao limite biológico de utilização e toxidez pelo excesso de substrato.

O maior consumo de nitrogênio e a maior excreção de nitrogênio obtidos nos animais recebendo cana picada foi pelo fato de apresentarem o maior CMS, o que levou a uma maior ingestão de compostos nitrogenados. Da mesma forma, a resposta

linear obtida conforme o acréscimo de concentrado pode estar relacionada ao maior CMS pelos animais que receberam os maiores níveis de concentrado, o que levou conseqüentemente, a um maior consumo de compostos nitrogenados. Os resultados encontrados neste estudo para excreção de nitrogênio na urina não foram os esperados, conforme o relato por Paiva (2009), de que, o consumo de compostos nitrogenados totais e a excreção de compostos nitrogenados na urina e no leite aumentaram linearmente com o aumento do consumo de PB na dieta. Similarmente, Van Soest (1994) verificou que, quando a concentração de PB na dieta e a ingestão de nitrogênio aumentam, há maior excreção de nitrogênio na urina. Do mesmo modo, Valadares et al. (1997) também observaram maior excreção de nitrogênio na urina de novilhos zebuínos em resposta ao aumento do teor protéico da dieta. Apesar da grande diferença numérica entre as médias para NF, NU e NL, em função da forma de utilização da cana, e entre as médias de NU e NL, em função do nível de concentrado, a falta de efeito significativo para os efeitos principais pode estar relacionado ao alto coeficiente de variação nos dados reportados no presente estudo (Tabela 7).

O melhor balanço de nitrogênio (BN) obtido nos animais recebendo cana picada pode estar relacionado ao aumento do consumo de nitrogênio. Da mesma forma, foi observada resposta linear no BN em resposta ao aumento do nível de concentrado na dieta. O BN demonstra a importância do correto atendimento das exigências protéicas dos animais, e é uma das formas de evitar que excesso de nitrogênio seja excretado no ambiente, medida importante para reduzir o impacto ambiental nos sistemas de produção e que evita prejuízo financeiro, uma vez que a proteína verdadeira é o nutriente de maior custo na dieta de ruminantes (Pessoa, 2009).

Os dados de BN, encontrados neste estudo, estão um pouco abaixo dos resultados encontrados por Paiva (2009), que, trabalhando com vacas mestiças e níveis crescentes de PB no concentrado obteve resultados de -27,97; 7,49; 47,49 e 50,21g/dia.

No metabolismo dos compostos nitrogenados, as excreções diárias de alantoína na urina e no leite, e ácido úrico na urina não foram influenciadas pelo processamento da cana e nem pelo nível de concentrado. Considerando que, com o aumento do nível de concentrado, houve maior ingestão de proteína pelas vacas, os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos observados por Pereira et al. (2005), que não encontraram efeito significativo de níveis crescentes de PB sobre a alantoína no leite, em vacas nos terços inicial e médio da lactação.

Entretanto, a secreção de alantoína no leite tem correlação positiva com a ingestão de MS e energia (Peterson, 2006), bem como com o fluxo de compostos nitrogenados microbianos (Timmermans Jr. et al. 2000). Em concordância, Gonda & Lindberg (1997) observaram que as excreções de alantoína no leite foram superiores quando o consumo de MS ou a porcentagem de concentrado na dieta aumentaram. Da mesma forma, Yu et al. (2002) consideram que as excreções de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina podem ser afetadas pelas fontes de proteína dietética e energia, pelo consumo de MS, energia e proteína, pelo peso vivo, pelos aditivos alimentares e pela espécie animal. Em acordo, Fonseca et al. (2006) notaram que ocorreu aumento da quantidade de alantoína excretada na urina com o aumento do teor de PB da dieta.

De acordo com Johnson et al. (1998), as vacas, ao término da lactação, tendem a excretar mais alantoína e menos ácido úrico, caso acontecido neste estudo.

O efeito linear crescente nas variáveis purinas totais, purinas absorvidas, nitrogênio microbiano e PB microbiana, conforme o nível de concentrado obtido neste estudo está de acordo com o consumo mais elevado, o qual disponibilizou maior quantidade de substratos fermentáveis e elevou a taxa de passagem, aumentando a síntese microbiana ruminal (Chizzotti et al., 2007).

Um caráter essencial no rendimento de produção microbiana é o sincronismo entre a degradação ruminal de carboidratos e proteína. Para isso, uma ponderação deve ser feita em relação às taxas de degradação de cada fração contida nos carboidratos e proteínas ingeridos e, assim, tentar sincronizar o tempo de disponibilidade ruminal desses substratos aos microrganismos, maximizando o uso da proteína degradada no rúmen e minimizando as perdas de amônia através da parede ruminal (Machado, 2012).

O aumento dos níveis de concentrado nas dietas melhorou a produção de PB microbiana, refletindo na tendência de maiores concentrações de NUS e NUL, embora não tenha ocorrido diferença significativa.

Outra possível explicação dos resultados obtidos neste estudo para a produção de PB microbiana pode ser justificada, em parte, pelo maior consumo de proteína com o aumento do nível de concentrado o que forneceu mais substrato nitrogenado para síntese de PB microbiana. Em conformidade, Paiva (2009) avaliando níveis crescentes de PB verificou aumento da síntese da PB microbiana em resposta ao aumento do nível de PB das dietas fornecidas para vacas lactantes.

De acordo com Valadares et al. (1999), a concentração sérica de ureia é positivamente relacionada com a ingestão de N. Por outro lado, segundo Butler et al. (1996) e Oliveira et al. (2001), concentrações de NUS superiores a 19 mg/dL representam o limite para a perda de nitrogênio dietético em vacas leiteiras e é indicativa de ineficiência do uso da proteína dietética por vacas leiteiras (Broderick & Clayton, 1997). Todos os tratamentos avaliados neste estudo apresentaram valores inferiores ao limite crítico proposto na literatura.

O intervalo dos valores de NUS (11,9 e 13,87 mg/dL), obtido neste estudo, é semelhante ao encontrado por Teixeira et al. (2011), de 6,69 e 14,5 mg/dL. Entretanto, é um pouco inferior ao relatado por Oliveira et al. (2007), variando de 10,86 e 18,77 mg/dL, e Hristov et al. (2004), de 14,7 mg/dL.

Os resultados observados para nitrogênio ureico no leite podem ser explicados de forma semelhante aos resultados obtidos para o nitrogênio ureico no soro, como uma possível resposta ao aumento no fornecimento de substrato nitrogenado, conforme os níveis crescentes de concentrado. Segundo o relato de Santos et al. (2001), as maiores concentrações de ureia no soro e no leite são observadas quanto maior for a degradabilidade da proteína da dieta e maior produção de amônia ruminal, o que levará ao maior impacto ambiental pelas perdas nitrogenadas na urina e no leite. Em concordância, Chizzotti et al. (2007) observaram maior consumo de proteína resultando em maiores concentrações de NUS e NUL e, conseqüentemente, as excreções de nitrogênio ureico e nitrogênio total na urina e no leite aumentaram.

O NUS e NUL podem ser parâmetros úteis na avaliação da utilização da proteína em relação à sua ingestão (Butler et al., 1995) e, conseqüentemente para mitigação da liberação de nitrogênio no ambiente. Segundo Broderick (1995), uma variação de NUL de 12 a 17 mg/dL indicaria um adequado balanceamento de proteína degradada e energia fermentada no rúmen, sendo que os resultados reportados neste trabalho estão dentro deste intervalo.

Os resultados reportados neste trabalho são similares aos reportados por Machado (2012) de 11,59 a 12,85 mg/dL, e um pouco inferiores aos relatados por Oliveira et al. (2007) de 10,51 a 15,59 mg/dL.

CONCLUSÕES

A utilização da cana-de-açúcar inteira diminui o consumo e a digestibilidade da matéria seca, dos nutrientes, dos nutrientes digestíveis totais e a produção de leite, embora não altere a composição do leite, a eficiência alimentar, a eficiência de uso do nitrogênio ingerido e a produção de proteína bruta microbiana.

O aumento do nível de concentrado até o nível máximo testado, 4,8 kg por dia, eleva o consumo e a digestibilidade da matéria seca, dos nutrientes digestíveis totais, a produção de leite e a síntese de proteína bruta microbiana, porém não modifica a composição do leite e diminui a eficiência alimentar e a resposta produtiva, podendo causar aumento do custo com alimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, A.A.; BOTARO, B.G.; IKEDA, F.S. et al. Efeito de níveis crescentes de ureiana dieta de vacas em lactação sobre produção e a composição físico-química do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.881-887, 2007.
- ALMEIDA, G.L.P.; PANDORFI, H.; GUISELINI, C. et al. Uso do sistema de resfriamento adiabático evaporativo no conforto térmico de vacas da raça girolando. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.754-760, 2011.
- AZEVEDO, M.; PIRES, M.F.; SATURNINO, H.M. et al. Estimativa de Níveis Críticos Superiores do Índice de Temperatura e Umidade para vacas Leiteiras 1/2, 3/4 e 7/8 Holandês-Zebu em Lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2000-2008, 2005.
- BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S. et al. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1-42, 2003.
- BAUMAN, D.E.; J.M. GRINARI. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**. v.23, p.203-227, 2003.
- BRODERICK, G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1370-1381, 2003.
- BRODERICK, G.A. Use of milk urea as an indicator of nitrogen utilization in lactating dairy cow. USDA, Agricultural Research Service. **US Dairy Forage Research Center**, 1995. Research Summaries, 122 p.
- BRODERICK, G. A.; M. K. CLAYTON. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**. v.80, p.2964-2971, 1997.
- BUTLER, W.R.; CALAMAN, J.J.; BEAM, S.W. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v.74. p.858-865, 1996.
- BUTLER, W.R; CHERNEY, D.J.; ELROD, C.C. Milk urea nitrogen (MUN) analysis: field trial results on conception rates and dietary inputs. In: CORNELL PROCEEDINGS CONFERENCE, 1., 1995. Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1995. P.89-95.
- CARVALHO, M.V.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, M.L.P. et al. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.47, p.298-306, 2010.

- CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.
- CATON, J.S.; DHUYVETTER, D.V. Influence of energy supplementation on grazing ruminants: Requirements and responses. **Journal Animal Science**, v.75, p.533-542, 1997.
- CHEN, X.B., GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of technical details. **INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT**. Rowett Research Institute. Aberdeen, UK. (occasional publication). 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L. **Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína bruta microbiana em novilhas e vacas leiteiras**. 2004. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade e excreção de ureia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.138-146, 2007.
- CORDEIRO, C.F.A.; PEREIRA, M.L.A.; MENDONÇA, S.S. et al. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes e produção e composição do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de proteína bruta na dieta contendo cana-de-açúcar e concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.2118-2126, 2007 (suplemento).
- COSTA, L.T; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M; et al. Análise econômica da adição de níveis crescentes de concentrado em dietas para vacas leiteiras mestiças alimentadas com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.1155-1162, 2011.
- COSTA, M.G.; 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2437-2445, 2005 (suplemento).
- DETMANN, E; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. **Métodos para análise de alimentos**. INCT – CIENCIA ANIMAL 2012. 1.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.214p.
- FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

- FISCHER, J.M.; BUCHANAN-SMITH, J.G; CAMPBELL, C.; GRIEVE, D.G.; ALLEN,O.B. Effects of forage particle size and long hay for cows fed total mixed rations based on alfalfa and corn. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.217-229,1994.
- FONSECA, C.E.M.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Estimativa da produção microbiana em cabras lactantes alimentadas com diferentes teores de proteína na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, p.1169-1177, 2006.
- GONDA, H.L., LINDBERG, J.E. 1997. Effect of diet on milk allantoin and its relationship with urinary allantoin in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.364-373, 1997.
- HALL, M. B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis. **A laboratory manual**. University of Florida Cooperative Extension Bulletin, 339p, 2000.
- HRISTOV, A.N.; ETTER, R.P.; ROPP, J.K. et al. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3219-3229, 2004.
- HUBER, J.T. Alimentação de vacas de alta produção sob condições de stress térmico. **In: Bovinocultura leiteira**. Piracicaba: FEALQ, 1990, p.33-48.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10 de Fevereiro de 2012.
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION – IDF. Whole milk determination of milk fat, protein and lactose content. **Guide for the operation of mid infrared instruments**. Bruxelas: 1996. 12 p. (IDF Standart 141 B).
- JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H; RILEY, R.E. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using urinary uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**. v.81, p.2408-2420. 1998.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurements. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, (Ed.) **A guide to environmental research on animals**. Washington: National Academy of Sciences, 1971. p.71-92.
- KONONOFF, P.J; HEINRICHS, A.J.LEHMAN, H.A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.86, p.3343-3353, 2003.

- LANA, R.P.; GOES, R.H.T.B.; MOREIRA, L.M. et al. Application of Lineweaver-Burk data transformation to explain animal and plant performance as a function of nutrient supply. **Livestock Production Science**, v.98, p.219-224, 2005.
- LANA, R.P.; SILVA, C.V.; CAMPOS, J.M.S. et al. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho de vacas leiteiras sob pastejo em função de níveis de concentrado e proteína bruta na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.330-340, 2009.
- LANA, R. P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 91p.
- MACHADO, H. V. N. **Suplementação lipídica para vacas em lactação: perfil de ácidos graxos e teor de ácido linoléico conjugado na gordura do leite**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012. 105p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1292-1302, 2004.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.; 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.481-492, 2004.
- MERTENS, D. R. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fibre in feeds with refluxing beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- MESTRA-VARGAS, L.I. **Níveis de concentrado energético e protéico na dieta de vacas leiteiras**. 2011. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1172-1182, 2007 (suplemento).
- OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de uréia em vacas lactantes alimentadas com rações contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1621-1629, 2001.

- OWENS, F. N.; GOETSH, A. L. Fermentação ruminal. In: CHURCH, D. C. **El ruminante, fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza, Espanha: Acríbia, 1993. p.159-190.
- PAIVA, J.A.J.; MOEIRA, H.A.; CRUZ, G.M. et al. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.145-154, 1991.
- PAIVA, V.R. **Níveis de proteína bruta em dietas para vacas leiteiras da raça holandesa em confinamento**. 2009. 42p. Dissertação (Mestrado Zootecnia) – Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, 2009.
- PETERSON, A.B. **Estimation of rumen microbial protein production and ruminal protein degradation**. 2006. 161p. Thesis (Doctored) – Faculty of the Graduate School of the University of Maryland-College Park.
- PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1029-1039, 2005.
- PESSOA, R.A.S.; LEÃO, M.I.; FERREIRA, M.A. et al. Balanço de compostos nitrogenados e produção de proteína microbiana em novilhas leiteiras alimentadas com palma forrageira, bagaço de cana-de-açúcar e uréia associados a diferentes suplementos. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.38, p.941- 947, 2009.
- PIMENTEL, J.J.O.; LANA, R.P.; GRAÇA, D.S. et al. Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas leiteiras em pastagens de capim-braquiária cv. Marandu no período da seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.40, p.418-425, 2011.
- PIMENTEL, J.J.O. **Teores de proteína bruta no concentrado e níveis de suplementação para vacas em lactação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2008. 93p.Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- PIMENTEL, J.J.O.; LANA, R.P.; ZAMPERLINE, B. et al. Milk production as a function of nutrient supply follows a Michaelis-Menten relationship. **Journal of Animal Science**, v.84, Suppl. 1, p.74, 2006.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, p.877-884, 1982.
- PRESTON, T. R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**. p.125-42, 1977.

- QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHIMIDT, P. et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.358-365, 2008.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D; VALADARES FILHO, S.C. et al.. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1223-1234, 2000.
- RODRIGUES, A. A.; PRIMAVESI, O.; ESTEVES, S. N. Efeito da qualidade de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.1333-1338, 1997.
- SANTOS, G.T.; CAVALIERI, F.L.B.; MODESTO, E.C. Recentes avanços em nitrogênio não protéico na nutrição vacas leiteiras. In: SINLEITE - NOVOS CONCEITOS EM NUTRIÇÃO, 2., 2001, Lavras. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p.225-248.
- SANTOS, V.P.; NUSSIO, L.G.; SCHOGOR, A.L.B. et al. Avaliação do tamanho médio das partículas da cana-de-açúcar na alimentação de vacas leiteiras sobre o desempenho e a composição do leite. **45^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Lavras, MG, 2008.
- SIÉCOLA JÚNIOR, S. **Proporção de colmos da cana-de-açúcar e desempenho de novilhas e vacas leiteiras**. 2011. 35p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- SKLAN, D., ASHKENAZI, R., BRAUN, A et al. Fatty acids, cCLAium soaps of fatty acids and cottonseeds fed to hight yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n, p. 2463-2472, 1992.
- SNIFFEN, C. J.; O' CONNOR, J. D.; Van SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- TEIXEIRA, C. B. Determinants of degradability among sugarcane (saccharum spp) clones in the bovine rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.90, p.288-290, 2007.
- TEIXEIRA, R.M.A; LANA, R.P.; FERNANDES, L.O. et al. Concentrate and crude protein levels in diets for dairy Gyr lineage cows grazing elephant-grass during the rainy season. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1347-1355, 2011.
- TIMMERMANS Jr., S.J.; JOHNSON, L.M; HARRISON, J.H. et al. Estimation of theflow of microbial nitrogen to the duodenum using milk uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**. v.83, p.1286-1299. 2000.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas - SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, MG, 2000. 142p.

- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, DZO, DPI, 2002. 297p.
- VALADARES, R.F.D., BRODERICK, G.A., VALADARES FILHO, S.C. et al.. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2686-2696, 1999.
- VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; GONÇALVES, L.C. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p.1270-1278, 1997.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agriculture Science**, v.114, p.243-248. 1990.
- 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.768-777, 2003.
- WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, **Proceedings**., Ithaca: Cornell University, p. 176-185, 1999.
- YU, P.; EGAN, A.R.; BOON-EK, L. et al. Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in growing lambs fed raw and dry roasted legume seeds as protein supplements. **Animal Feed Science and Technology**. v.95, p.33-48. 2002.