

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Veterinária
Colegiado dos Cursos de Pós-Graduação

Rafael Carvalho de Souza

**ADIÇÃO CRESCENTE DE UREIA NA CANA DE AÇÚCAR
(*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) IN NATURA EM DIETAS DE
VACAS EM LACTAÇÃO**

Belo Horizonte
UFMG – Escola de Veterinária
2011

Rafahel Carvalho de Souza

**ADIÇÃO CRESCENTE DE UREIA NA CANA DE AÇÚCAR
(*SACCHARUM OFFICINARUM* L.) *IN NATURA* EM DIETAS DE
VACAS EM LACTAÇÃO**

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

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Ronaldo Braga Reis

Belo Horizonte

Escola de Veterinária – UFMG
2011

S729a Souza, Rafahel Carvalho de, 1980-
Adição crescente de uréia na cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) in natura em dietas de vacas em lactação / Rafahel Carvalho de Souza. – 2011.
122 p. : il.

Orientador: Ronaldo Braga Reis

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária

Inclui bibliografia

**1. Vaca – Alimentação e rações – Teses. 2. Cana-de-açúcar como ração – Teses.
3. Ureia como ração – Teses. 4. Dieta em veterinária – Teses. I. Reis, Ronaldo Braga.
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.**

CDD – 636.214 085

Dissertação defendida e aprovada em 28 de março de 2011 pela comissão examinadora
constituída por:

Prof. Ronaldo Braga Reis
Orientador

Prof. Luiz Gustavo Nussio

Prof. Breno Mourão de Sousa

Prof. Décio Souza Graça

Prof. Norberto Mario Rodriguez

DEDICATÓRIA

A Deus, por sempre se fazer presente.

Ao meu Pai, ausente em corpo e presente em alma. Eterna paixão e saudade!!!

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, meus irmãos Ró e Nan e tias: Maura, Marla, Lé, Marionete, Didi e Miroca por todo apoio e amor. Sem vocês não conseguiria suportar o peso da jornada. Obrigado, adoro vocês!

Ao meu grande amor Isabela, pelos bons momentos de convivência, pelo apoio incondicional durante a caminhada e que estará comigo em todos os desafios que ainda virão em nossas vidas... Te amo!

Ao meu orientador, Prof. Ronaldo Braga Reis. Por toda sua dedicação, ensinamentos e amizade. Por ter acreditado em mim durante uma década. Pela oportunidade que me presenteou de compartilhar tanto do seu brilhantismo quanto do seu nobre caráter como mestre, filho, pai e amigo, que ficam de exemplos. Muitíssimo obrigado professor!

Ao meu coorientador Dr. Fernando César Ferraz Lopes. Pessoa sem medidas. Ser humano único capaz das mais belas atitudes sem nunca precisar sair da sua simplicidade. Por todos os ensinamentos e apoio na execução deste trabalho. Sem sua ajuda teria sido bem mais difícil.

Ao grande presente em 2010, a chegada da minha afilhada Julia: só alegria!!!

As minhas cunhadas Isabela e Luciana pelos bons momentos de convivência.

Aos “manos” e mestres Fabiano Alvim e Breno Mourão, por sempre se manterem ao meu lado, por todos os conselhos e apoio, tanto profissional como pessoal.

Ao Sr. Perez, pelos momentos de nostalgia e alegria nas pescarias e Dona Lucrécia, o carinho e apoio.

A Escola de Veterinária/UFMG, assim como os mestres e funcionários desta segunda casa que tive por mais de dez anos e que fui acolhido com muito carinho e alegria.

A Embrapa Gado de Leite (CNPGL - Juiz de Fora/MG) e a todos os funcionários do Campo Experimental em Coronel Pacheco, pelo apoio e carinho na execução deste experimento.

À FAPEMIG, financiadora do projeto.

A secretária do Colegiado de Graduação e Pós-Graduação em Zootecnia.

Não poderia deixar de lembrar e agradecer a terra marilhosa onde nasci e dos verdadeiros amigos que tenho ali: “Ai minha Araçuaí, outro lugar assim eu nunca vi!”

Sumário

Capítulo 1: Revisão de literatura

1. Introdução.....	16
2. Vantagens e limitações da utilização da cana de açúcar como fonte de volumoso.....	17
3. Variedades de cana de açúcar.....	19
4. Nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras.....	21
4.1 Principais fatores que afetam a eficiência de utilização da uréia.....	24
4.1.1 Fonte e concentração de energia.....	24
4.1.2 Concentração de nitrogênio e proteína bruta da dieta.....	25
4.1.3 Suplementação de enxofre.....	26
4.2 Nitrogênio ureico no leite.....	26
5. Consumo de matéria seca e digestibilidade dos nutrientes em dietas à base de cana de açúcar suplementadas com ureia.....	29
6. Produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar suplementadas com ureia.....	40
7. Concentração plasmática de ureia, glicose e insulina em dietas à base de cana de açúcar.....	45
8. Parâmetros ruminais de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar.....	48
9. Micro-organismos do rúmen de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar.....	51
9.1 Protozoários do rúmen em dietas à base de cana de açúcar.....	52
10. Viabilidade econômica da utilização de dietas a base de cana de açúcar	54
11. Referências Bibliográficas.....	58

Capítulo 2: Efeito da adição de teores crescentes de ureia na cana de açúcar em dietas de vacas em lactação sobre os parâmetros da fermentação ruminal, cinética da digestão e populações de protozoários

1. Introdução.....	69
2 Material e métodos.....	70
2.1 Local e época do experimento.....	70
2.2 Animais, instalações e delineamento estatístico.....	70
2.3 Dietas experimentais.....	70
2.4 Avaliação do consumo.....	72
2.5 Parâmetros da fermentação ruminal.....	72
2.6 Dinâmica da digestão ruminal.....	72
2.7 Degradabilidade ruminal <i>in situ</i>	73
2.8 Contagem e identificação dos gêneros dos protozoários ciliados.....	74
2.9 Análises estatísticas.....	74
3. Resultados e discussão.....	75
3.1 Parâmetros da fermentação ruminal.....	75

3.2 Cinética digestão: taxa de passagem da fase sólida e líquida e degradabilidade ruminal <i>in situ</i>	87
3.3 Quantificação dos protozoários ruminais.....	90
4. Conclusão.....	92
5. Referências bibliográficas.....	93

Capítulo 3: Efeito da adição de teores crescentes de ureia na cana de açúcar em dietas de vacas em lactação sobre os parâmetros produtivos, metabólicos e viabilidade econômica

1. Introdução.....	97
2. Material e métodos.....	98
2.1 Local e época do experimento.....	98
2.2 Animais, instalações e delineamento estatístico.....	98
2.3 Dietas experimentais.....	99
2.4 Avaliação do consumo e digestibilidade aparente de nutrientes.....	100
2.5 Produção e composição do leite.....	102
2.6 Eficiência alimentar.....	102
2.7 Bioquímica sanguínea.....	103
2.8 Variação do peso vivo e do escore da condição corporal.....	103
2.9 Análise da viabilidade econômica.....	103
2.10 Análises estatísticas.....	104
3. Resultados e discussão.....	105
3.1 Consumo e digestibilidade de nutrientes.....	105
3.2 Produção e composição do leite.....	109
3.3 Parâmetros sanguíneos.....	112
3.4 Análise da viabilidade econômica.....	115
4. Conclusão.....	117
5. Referências Bibliográficas.....	117
6. Conclusão geral.....	121

Lista de Tabelas

- Tabela 1.** Composição média de amostras de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.).....19
- Tabela 2.** Interpretação dos valores de nitrogênio ureico no leite (NUL) (mg/dL) para rebanhos leiteiros com vacas em diferentes fases da lactação.....28
- Tabela 3.** Consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho e diferentes proporções de cana de açúcar adicionada de ureia.....31
- Tabela 4.** Desempenho de animais alimentados com dietas com diferentes fontes de volumosos.....31
- Tabela 5.** Consumo e digestibilidade MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos solúveis (CHO) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em dietas com silagem de milho ou cana de açúcar.....32
- Tabela 6.** Efeito da substituição de parte do farelo de soja (FS) da ração por 2,5% de ureia (U) sobre comportamento alimentar de novilhas Holandês.....35
- Tabela 7.** Efeito do teor de ureia no concentrado sobre o consumo de concentrado, valores de pH e amônia no líquido ruminal.....36
- Tabela 8.** Consumo e coeficiente de digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), em função dos teores de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP), em dietas à base de silagem de milho.....37
- Tabela 9.** Consumos médios diários de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), carboidratos totais (CHO) e nutrientes digestíveis totais (NDT), em função dos níveis de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP), coeficientes de variação (CV) e nível de probabilidade (P) dos efeitos linear (L) e quadrático (Q).....38
- Tabela 10.** Coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e carboidratos totais (CHO), em função dos níveis de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP) das rações, coeficiente de variação (CV) e níveis de probabilidade (P) dos efeitos linear (L) e quadráticos (Q).....39
- Tabela 11.** Médias e equações de regressão dos consumos de matéria seca (CMS), % PV (CMSPV), e $g/kg^{0,75}$ (CMSTM), matéria orgânica (CMO) e consumo de proteína bruta (CPB) em função da porcentagem de PB na forma de nitrogênio não proteico (NNP).....40
- Tabela 12.** Valores médios de produção de leite, teores de gordura e proteína no leite de vacas em dietas com silagem de milho e diferentes proporções de cana de açúcar.....42
- Tabela 13.** Produção de leite e de leite corrigida para 3,5% de gordura e composição do leite de vacas alimentadas com dietas à base de silagem de milho, na proporção de 60%, ou cana de açúcar corrigida com 1% da ureia, nas proporções de 60, 50 e 40%.....42

Tabela 14. Produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com dieta à base de silagem de capim suplementadas com amiréia (A150S) ou ureia (U) em substituição o farelo de soja.....	43
Tabela 15. Produção e composição do leite e do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de ureia em dietas à base de cana de açúcar.....	44
Tabela 16. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com diferentes teores de ureia na cana de açúcar (base na matéria natural - MN).....	45
Tabela 17. Médias diárias de consumo de matéria seca, produção de leite, leite corrigido para 3,5% gordura (LCG 3,5%) ou leite corrigido para sólidos totais (LCST) em vacas leiteiras suplementadas com fontes de nitrogênio não proteico com diferentes degradabilidades ruminais.....	46
Tabela 18. Consumo de matéria seca (CMS), produção de leite (PL), produção de leite corrigida para gordura (PLC), eficiência alimentar (produção de leite/consumo de matéria seca), produção de gordura (G, g/dia) e proteína (G, g/dia) de vacas leiteiras suplementadas com diferentes teores de ureia.....	47
Tabela 19. Teores plasmáticos de ureia e N-ureico plasma, de vacas leiteiras com teores crescentes de ureia na dieta.....	50
Tabela 20. Concentrações de glicose e ureia no sangue em função dos níveis de amiréia na dieta.....	47
Tabela 21. Valores médios de pH, concentrações de ácidos graxos voláteis totais (AGV totais), porcentagens de ácidos acético (C ₂), propiônico (C ₃), butírico (C ₄), relação acético:propiônico (C ₃ :C ₂), concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) e ureia plasmática (UR _{plasma}) de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar enriquecidas com teores crescentes de ureia na matéria natural.....	50
Tabela 22. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal, pH ruminal e concentrações de ácidos graxos voláteis total (AGV total) em dietas com farelo de soja, amiréia e ureia como fonte proteica.....	50
Tabela 23. Valores médios de pH, proporção molar dos ácidos acéticos, propiônico e butírico no líquido ruminal de vacas submetidas a dois níveis de consumo de MS e ureia.....	51
Tabela 24. Custos com alimentação e saldo por litro e por vaca, com e sem variação de peso vivo (PV) para as dietas experimentais.....	57
Tabela 25. Composição bromatológica dos ingredientes utilizadas na formulação das dietas experimentais.....	70
Tabela 26. Composição de ingredientes e bromatológica das dietas experimentais, baseadas em cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	71
Tabela 27. Efeito do tempo de amostragem sobre o pH do rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia	77

Tabela 28. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃ , mg/dL) no rúmen de vacas em lactação, recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	78
Tabela 29. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de acetato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	80
Tabela 30. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de propionato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	82
Tabela 31. Efeito do tempo de amostragem sobre a relação acetato/propionato no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	83
Tabela 32. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de butirato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	84
Tabela 33. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de ácidos graxos voláteis total (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	86
Tabela 34. Parâmetros da cinética de trânsito da fase sólida de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	88
Tabela 35. Parâmetros da degradabilidade ruminal da matéria seca (MS), da matéria orgânica (MO) e da fibra em detergente neutro (FDN) da cana de açúcar em vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	89
Tabela 36. Parâmetros da cinética de trânsito da fase líquida de dietas, baseadas em cana de açúcar e concentrados, fornecidas para em lactação.....	89
Tabela 37. Concentração média (x 10 ⁴ células/mL) e composição (% entre parênteses) de ciliados no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia (imediatamente antes - 0h, e 3, 6 e 12 h após o fornecimento da dieta).....	91
Tabela 38. Concentração de protozoários ciliados (x 10 ⁴ células/ mL) e valores de pH no rúmen de vacas em lactação, recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	92
Tabela 39. Delineamento em ensaio de reversão do tipo <i>switch-back</i> 3 x 3.....	99
Tabela 40. Composição química dos macros ingrediente utilizada na formulação das dietas experimentais.....	99
Tabela 41. Composição de ingredientes e bromatológica das dietas experimentais, baseadas em cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	100

- Tabela 42.** Consumos de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de fibra em detergente neutro (CFDN), e de fibra em detergente ácido (CFDA) de dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....105
- Tabela 43.** Estimativa do consumo e percentagem dos componentes proteicos de dietas baseadas em cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....107
- Tabela 44.** Digestibilidade aparente da matéria seca, da matéria orgânica, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido de vacas em lactação em dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....109
- Tabela 45.** Eficiência alimentar, produção e composição do leite de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....110
- Tabela 46.** Médias das concentrações plasmáticas de ureia, glicose e insulina de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....113
- Tabela 47.** Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações plasmáticas de insulina de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....115
- Tabela 48.** Gastos com alimentação e saldo por vaca em dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia.....116
- Tabela 49.** Valores do quilo de proteína bruta (R\$/kg) da ureia e do farelo de soja.....116

Lista de Figuras

- Figura 1.** Valor nutricional da cana de açúcar *Saccharum officinarum* L. segundo a idade da planta.....18

Figura 2. Ciclo da ureia em ruminantes.....	24
Figura 3. Simulação do custo da ração total dia com uso de cana de açúcar ou silagem de milho para vacas leiteiras com produções crescentes.....	55
Figura 4. Efeito do tempo de amostragem sobre pH do rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	77
Figura 5. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	79
Figura 6. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações (mM) de acetato no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	81
Figura 7. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de propionato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	82
Figura 8. Efeito do tempo de amostragem sobre relação acetato/propionato no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	84
Figura 9. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de butirato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	85
Figura 10. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de ácidos graxos voláteis totais (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar <i>in natura</i> como volumoso único e enriquecidas com ureia.....	87

Resumo

Foram realizados dois experimentos para avaliar o efeito da adição de teores crescentes de ureia 0,0; 0,5 e 1,0%, na matéria natural da cana de açúcar, sobre os parâmetros da fermentação ruminal, cinética da digestão, populações de protozoários no rúmen,

parâmetros produtivos e metabólicos e viabilidade econômica. No primeiro experimento, foram utilizadas três vacas multíparas, em lactação, canuladas no rúmen, com produção média inicial de 20,76 kg/dia de leite e com 87 dias em lactação. Já no segundo experimento, foram utilizadas 18 vacas em lactação, com produção média inicial de 21,3 kg/dia de leite e com 83 dias em lactação, distribuídas em delineamento ensaio de reversão do tipo *switch-back*, 3 x 3. Em ambos os experimentos, as vacas foram alimentadas com dietas total, constituídas de cana de açúcar como volumoso único e concentrado, na relação de 50:50 (base MS). O valor de pH ruminal médio foi de 6,33 que propiciou ambiente adequado para a fermentação ruminal. Não foi verificado nenhum efeito sobre a população de protozoários ciliados do rúmen, sendo o gênero *Entodinium* o mais prevalente entre os ciliados do rúmen. A inclusão de 1,0% de ureia diminuiu o consumo de matéria seca (MS) e de matéria orgânica (MO) da dieta, 19,64; 19,66 e 18,33 e 18,24; 18,31 e 17,03 kg/dia, respectivamente, para as dietas com 0, 0,5 e 1,0% de ureia. Contudo, a eficiência alimentar (produção de leite / consumo de matéria seca) foi melhor nas dietas que se utilizou ureia, no entanto, não houve diferença entre as dietas para os parâmetros produtivos e metabólicos. Considerando apenas os gastos com alimentação, todas as dietas apresentaram saldo positivo.

Palavra-chave: parâmetros ruminais, produtivos, cinética da digestão, protozoários, viabilidade econômica

Abstract

Two experiments were conducted to evaluate the effect of adding increasing levels of urea 0.0, 0.5 and 1.0% to a sugar cane as feed basis, on milk production and composition, blood metabolites, rumen fermentation, digestion kinetics, protozoa populations and economic

viability. In the first experiment, three lactating cows, rumen cannulated, averaging ± 20.76 kg of milk per day, and ± 87 days in milk were used in Latin Square desing. In the second experiment, 18 lactating, with ± 21.3 kg of milk per day, and ± 83 days in milk, allotted to a cross over in a 3x3 switch-back desing. The average rumen pH off 6,33 provideda a suitable environment for the rumen fermentation, and the ciliate protozoa population specially genus Entodinium the most prevalent of the rumen ciliates. The addittion of 1.0% of urea in on sugar cane, as feed basis, reduced the consumption of dry matter (DM) and organic matter (OM). The intake for DM and OM for diets containing 0, 0.5 and 1.0% of urea were 19.64, 19.66 and 18,33 kg d⁻¹ and 18.24, 18.31 and 17.03 kg d⁻¹, respectively. Feed efficiency (milk production / DM intake) was better for diets with urea, however, productive and metabolic parameters did not differ among diet. Considering only the feed cost all diets showed a positive balance.

Keywords: ruminal parameters, production, kinetic digestion, protozoa, economic viability

Capítulo 1

REVISÃO DE LITERATURA

1. Introdução

No Brasil, os modernos sistemas de produção de leite têm se preocupado não só com os aspectos relacionados aos índices de produção e produtividade, mas também com o retorno econômico.

A busca por melhores desempenhos econômicos na pecuária leiteira, atualmente, tem enfatizado a utilização de alimentos volumosos alternativos na alimentação de ruminantes. Os volumosos têm participação importante na composição da dieta e podem representar até 80% da matéria seca (MS) das dietas de diversas categorias do rebanho leiteiro.

Em sistemas intensivos de produção de leite, a silagem de milho tem sido o volumoso mais utilizado na formulação de dietas para vacas em lactação. Contudo, a produção desse volumoso exige considerável demanda em recursos técnicos e financeiros. Desta forma, a associação da cana de açúcar com silagem de milho ou sua substituição total poderá reduzir os custos com alimentação de vacas em lactação, sem que haja, contudo, qualquer comprometimento nos níveis de produção.

A ideia de aproveitar a cana de açúcar como forragem para alimentação de bovinos é antiga. A facilidade de seu cultivo, a colheita na época seca do ano, onde há escassez de forragem e a grande produção de MS por hectare, tornaram-na alimento de grande interesse dos produtores de leite.

Já é consagrado por técnicos e produtores de leite a utilização de cana de açúcar como volumoso para vacas leiteiras de baixa produção de leite. Todavia, trabalhos recentes demonstram a possibilidade da utilização da cana de açúcar e ureia como volumoso para vacas leiteiras de maior potencial de produção (Correia, 2001; Sousa, 2003; Magalhães et al., 2004 e Mendonça et al., 2004). Nesses estudos, os autores consideraram os índices produtivos e econômicos interessantes e promissores para a utilização da cana de açúcar.

No entanto, suas características nutricionais devem ser consideradas, visto que baixos teores de proteína, lipídios e minerais, especialmente o fósforo, baixa digestibilidade da fibra, ausência de amido e a presença de carboidratos de rápida fermentação resultam em menor consumo de matéria seca (Rodrigues et al., 2005).

O baixo teor de proteína bruta inferior a 4 a 6% da MS, tem sido relacionado com o maior consumo de MS pela baixa disponibilidade de compostos nitrogenados para os micro-organismos do rúmen.

Porém, a utilização de fontes de nitrogênio não-proteico, entre elas a ureia, é alternativa viável (Oliveira et al., 2004, Aquino et al., 2007) para ser suplementado na dieta de vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar como fonte de volumoso único com o intuito de aumentar a disponibilidade de nitrogênio no rúmen.

A pesquisa brasileira visando à alimentação animal com cana de açúcar picada e fresca enriquecida por mistura sulfonitrogenada iniciou-se na década de 60 (Castro, 1967), e desde então foi postulado a clássica afirmativa de adicionar 1% da mistura ureia:sulfato de amônio.

Atualmente, o questionamento que se tem feito é se a cana de açúcar pode ser utilizada para vacas de média e alta produção de leite e qual seria o melhor teor de ureia a ser adicionado à cana de açúcar *in natura*.

Sendo assim, o objetivo deste estudo é determinar a melhor concentração de ureia que deve ser recomendada na formulação de dietas para vacas leiteiras, com produção acima de 20 kg/dia de leite, alimentadas com cana de açúcar *in natura*, como volumoso único.

2. Vantagens e limitações da utilização da cana de açúcar como fonte de volumoso

A cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) como forrageira tropical, merece destaque pelas seguintes qualidades: 1) grande potencial para produção de matéria seca e energia por unidade de área (10 a 20 toneladas de nutrientes digestíveis totais por hectare), podendo alcançar até 150 toneladas de matéria natural por hectare; 2) fácil cultivo, estabelecimento, caráter semiperene, além de oferecer baixa taxa de risco, pois dificilmente ocorrem perdas totais dessa cultura; 3) manutenção de seu valor nutricional durante todo o ano (auto-armazenamento); 4) manutenção ou mesmo ligeiro aumento na digestibilidade total com a maturidade, apresenta alto teor de sacarose e moderado teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN); 5) baixo custo (Moreira, 1983; Moreira e Mello, 1986; Paiva et al., 1991; Lima e Mattos, 1993; Corrêa, 2001; Magalhães et al., 2004).

De maneira geral, o valor nutricional das gramíneas diminui com o avançar do estágio de maturação, porém o valor nutritivo da cana de açúcar aumenta com a maturidade, conforme pode ser visto na Figura 1.

Com o avançar da idade da cana de açúcar ocorrem decréscimos nos teores de proteína bruta (PB) e aumento nos teores de matéria seca (MS) e carboidratos não fibrosos (CNF), sendo este aumento de CNF resultado do acúmulo de sacarose. Essas características resultam em importante vantagem para a alimentação animal, particularmente no período seco e frio do ano, época em que seu valor energético é máximo, enquanto outras gramíneas forrageiras atingem seus limites mínimos (Gooding, 1982).

Para Moreira (1983), Moreira e Mello (1986) e Lima e Mattos (1993), a manutenção de valor nutritivo praticamente constante por períodos relativamente prolongados, constitui outra vantagem da utilização da cana de açúcar como recurso forrageiro em países tropicais. Nos dois últimos trabalhos citados, tal manutenção foi justificada pelo aumento na concentração de sacarose e concomitante redução nos teores dos constituintes da parede celular, de baixa digestibilidade, com o avanço na idade da planta. Lima e Mattos (1993) afirmaram que as alterações na concentração de sacarose estão diretamente relacionadas ao valor nutricional da cana de açúcar. Esses autores relataram que houve alta e positiva correlação ($r = 0,998$) entre a digestibilidade da MS e o teor de extrativos não-nitrogenados (ENN), concluindo que variedades com maior conteúdo de sacarose apresentariam maior coeficiente de digestibilidade.

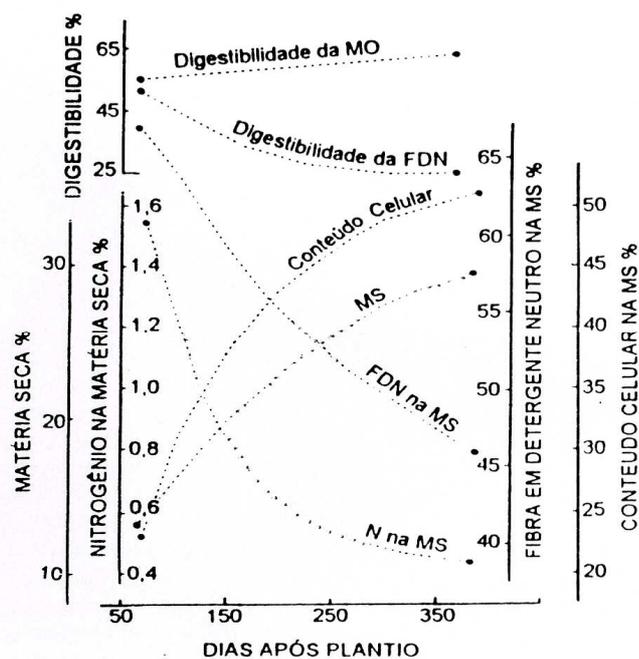


Figura 1. Valor nutricional da cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) segundo a idade da planta

Fonte: Pate (1977)

Quando a cana de açúcar for utilizada como volumoso exclusivo, ou proporcionalmente como a maior parte da dieta, o desempenho produtivo dos animais poderá ser menor. Esse efeito negativo da cana de açúcar enquanto forrageira pode ser explicado pelas suas principais limitações nutricionais (Tabela 1): 1) baixos teores de proteína bruta (PB) (Rodriguez et al., 1993 e Pereira et al., 1996) e de amido (Pereira et al., 1996), que produzem suprimento restrito de aminoácidos e glicose pós-ruminal (Leng e Preston, 1976), 2) baixa degradabilidade ruminal da parede celular ou da fração fibrosa (Aroeira et al., 1993; Pereira et al., 1996; Mendonça et al., 2004) e 3) baixo teor de minerais (Pereira et al., 1996), notadamente fósforo, cálcio e sódio (Figueira et al., 1993). Esses fatores agindo aditivamente resultariam em consumo e desempenho animal limitado (Figueira et al., 1993; Pereira et al., 1996).

Todavia, Pereira et al. (1996) citaram a necessidade de adicionar compostos nitrogenados degradáveis no rúmen, proteína não-degradada no rúmen, precursores gliconeogênicos, bem como elementos minerais, para obtenção de índices melhores de desempenhos nos animais em dietas com base em cana de açúcar.

Visando corrigir o valor proteico da cana de açúcar e melhorar a relação energia:amônia para maximizar os processos fermentativos microbianos no rúmen, Moreira e Mello (1986) sugeriram a adição de compostos nitrogenados tais como farelos proteicos (por exemplo, os farelos de algodão, de soja, de amendoim, de girassol, entre outros), bem como os chamados compostos nitrogenados não-proteicos, dos quais a ureia seria o mais comum. Moreira (1983) salientou que como os suplementos proteicos são mais caros, a ureia poderia ser empregada para corrigir a carência dietética de proteína bruta, com vantagens econômicas.

Tabela 1. Composição média de amostras de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.)

Nutrientes	%
Matéria seca	28,45
Matéria orgânica, % MS	98,25
Proteína bruta, % MS	2,79
Compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro, % N total	16,16
Compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido, % N total	3,30
Extrato etéreo, % MS	1,06
Carboidratos totais, % MS	94,40
Fibra em detergente neutro, % MS	48,87
Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas, % MS	47,70
Fibra em detergente ácido, % MS	23,67
Carboidratos não-fibrosos, % MS	46,70
Lignina, % MS	4,85

Fonte: Campos et al. (2010)

Moreira (1983) relatou que, em dietas baseadas em cana de açúcar, os aminoácidos mais limitantes foram a metionina, histidina e treonina, enquanto que Lima e Mattos (1993) acrescentaram a estes aminoácidos outros compostos orgânicos: cistina/cisteína, biotina, tiamina. O enxofre é indispensável para a síntese dos aminoácidos essenciais metionina e cisteína. Dessa forma, a adição de uma fonte de enxofre melhora a síntese de proteína no rúmen, aumentando o fluxo de proteína microbiana e o suprimento de aminoácidos no intestino delgado, os quais levam ao desempenho animal (Moreira e Melo, 1986).

Outro limitante nutricional em dietas baseadas em cana de açúcar e compostos sulfonitrogenados seria a baixa disponibilidade de glicose, ou seja, que escapam da degradação ruminal (Moreira, 1983; Melo et al., 1983; Moreira e Mello, 1986; Alonso e Senra, 1992; Figueira et al., 1993; Lima e Mattos, 1993; Rodriguez et al., 1993; Pereira et al., 1996).

3. Variedades de cana de açúcar

Nos últimos vinte anos, as pesquisas com melhoramento genético da cana de açúcar colocaram no mercado mais de cinquenta variedades de expressivo potencial produtivo.

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

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

Considerando-se que a capacidade de ingestão total de fibra pelo animal é limitada, uma variedade que apresenta teor de FDN elevado, limitará a ingestão de cana de açúcar e,

conseqüentemente, o consumo de energia será insuficiente para atender os requerimentos nutricionais do animal, afetando o seu desempenho (Rodrigues et al., 2005).

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

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

Ao avaliar os teores de hemicelulose, de lignina e a taxa de degradação da fração potencialmente degradável da FDN de 15 variedades de cana de açúcar, Azevêdo et al. (2003), concluiu que esses parâmetros explicam 87,8% da variação nutricional dessa forrageira.

Teixeira (2004) procurou definir que características da planta seriam mais correlacionadas ao valor nutritivo. Dentre as características agrônômicas e bromatológicas avaliadas, a porcentagem de fibra (FDN ou FDA) foi a mais correlacionada à degradabilidade da MS. Segundo o autor, a característica mais importante de uma cana de açúcar de alto valor nutritivo é ter baixa porcentagem de fibra na MS. A segunda mais importante é o comprimento dos colmos. Canas de alta digestibilidade têm colmos mais curtos, além de baixa porcentagem de FDA. Entretanto, selecionar canas com colmos curtos para obter ganho em digestibilidade levaria à perda na produção de MS por hectare, o que faz pouco sentido.

A terceira seria uma cana de açúcar com maior porcentagem de colmos, ou seja, baixa proporção de palhas e folhas, uma vez que a sacarose, de alta digestibilidade, está contida nos colmos, enquanto as folhas são ricas em fibra de baixa digestibilidade. Ainda neste trabalho de Teixeira (2004), entre as três características mais correlacionadas ao valor nutritivo, a porcentagem de colmos foi a de maior herdabilidade ($h^2=63,1\%$), enquanto as características comprimento dos colmos e porcentagem de FDA apresentaram menor herdabilidade, que foram de 41,4 e 19,5%, respectivamente. Além disso, maior proporção de colmos permite maior eficiência no processo de corte, moagem, além de reduzir a oferta de material de baixo valor nutricional ao rebanho (Macedo et al., 2006).

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

4. Nitrogênio não proteico na nutrição de vacas leiteiras

O nitrogênio dietético pode ser classificado em dois grupos: aquele proveniente das proteínas e o de origem não protéica. A proteína alimentar é dividida em duas frações, considerando a sua degradabilidade ruminal. A fração degradável no rúmen (PDR), inocule às proteases e peptidases microbianas e a que passa diretamente ao intestino delgado para sofrer a digestão intestinal (PNDR) (NRC, 1985). Consequentemente, a proteína dietética disponível para a absorção no intestino é resultado do somatório da proteína microbiana e da proteína *bypass* (Ferguson e Chalupa, 1989).

Dessa forma, o objetivo da nutrição protéica dos ruminantes é disponibilizar ao animal quantidade adequada de PDR, para que ocorra eficiência dos processos digestivos e, consequentemente, a otimização do desempenho animal com a mínima quantidade de proteína bruta dietética. A maximização da eficiência do uso da proteína bruta dietética requer a seleção de suplementos proteicos e de nitrogênio não proteico (NNP), que possam disponibilizar quantidades adequadas de PDR que satisfaçam, mas não excedam as exigências de nitrogênio necessárias para a máxima síntese de proteína bruta microbiana (PBM) (NRC, 2001).

A utilização de fontes de nitrogênio não proteico, das quais a forma mais comum é a ureia, tem sido utilizada constantemente por nutricionistas com intuito de aumentar o teor de proteína da dieta a baixo custo.

O uso de NNP na nutrição dos ruminantes teve sua origem em 1879, na Alemanha, sendo que em 1939 participava do arraçamento de animais nos Estados Unidos (Maynard et al., 1984). A ureia começou a ser fabricada industrialmente em 1870, quando Bassarow promoveu sua síntese a partir do gás carbônico e da amônia. Mas, foi no período de 1914 a 1918, devido à escassez de alimentos, ocasionado pela primeira guerra mundial, que a Alemanha intensificou a utilização da ureia como fonte proteica na alimentação de ruminantes. O intuito do aumento da utilização de ureia visava a produção intensiva e de baixo custo do leite.

O NNP não é uma proteína, ou seja, não são aminoácidos reunidos por vínculos peptídicos e existem tanto em animais quanto em plantas. Embora exista variedade de compostos NNP (compostos de purinas e pirimidinas, ureia, biureto, ácido úrico, glicosídeos nitrogenados, alcalóides, sais de amônio e nitratos), a ureia, por causa do custo, disponibilidade e emprego, é uma das mais utilizadas. Possui características específicas, como, deficiência em todos os minerais, não possui valor energético próprio, extremamente solúvel no rúmen e rapidamente convertida em amônia.

Duas podem ser as fontes de ureia para a utilização pelos ruminantes: exógena e endógena. Ambas possui equivalente proteico de 281%. A endógena é produzida pelo fígado, no animal, através do ciclo da ureia (Van Soest, 1994).

O uso de fontes não protéicas de nitrogênio para vacas em lactação tem sido bastante comum nos sistemas de produção de leite no Brasil, já que pode ser vantajoso aproveitar o potencial do ruminante em converter essas fontes em aminoácidos essenciais ao metabolismo (Leng e Nolan, 1984). O princípio básico para alcançar eficiência com o uso dessas fontes é promover o fornecimento adequado de energia, utilizar concentrações menores de proteína, suplementar enxofre, balancear as frações nitrogenadas degradáveis e

não degradáveis no rúmen e permitir um período de adaptação (Huber e Kung, 1981).

Após a ingestão pela vaca, a ureia é hidrolisada pela ação da urease sintetizada pelas bactérias do rúmen, produzindo amônia e dióxido de carbono. A atividade ureásica é alta na parede ruminal. A amônia é o composto central para a síntese de proteína no rúmen, sendo esta incorporada na proteína microbiana, principalmente, bactérias e, de modo mais reduzido, em protozoários e fungos (Nolan, 1993).

Depois da liberação de amônia no líquido ruminal através da hidrólise (da ureia) ou da proteólise (proteína natural), o nitrogênio é fixado aos aminoácidos glutamina, asparagina e ao glutamato, mediante a ação de enzimas específicas, que catalisam a reação através da perda de ligações fosfatadas de alta energia (ATP). Um exemplo típico dessa reação seria: $\text{Glutamato} + \text{NH}_4^+ + \text{ATP} \rightarrow \text{Síntese de glutamina} + \text{ADP}$ (Nolan, 1993).

A amônia é um importante substrato para a síntese de proteína microbiana. Porém, este processo é dependente de quantidades adequadas de α -cetoglutarato (para aaminação do glutamato) e ácidos graxos voláteis, inclusive os isoácidos, para fornecer esqueleto de carbono (Smenson e Reece, 1996).

As várias enzimas envolvidas na fixação são mais ativas em diferentes concentrações de amônia. Por exemplo, a atividade máxima de glutamato foi observada quando o nível de amônia ruminal era de 8 mg/dL, ao passo que a sintetase de asparagina foi maximizada com 1 a 2 mg/dL. A amônia fixada é transferida para os precursores de outros aminoácidos através da transaminação. Os aminoácidos resultantes são, então, conjugados para formar a proteína microbiana (Nolan, 1993).

Além da fixação na proteína microbiana, o nitrogênio amoniaco do rúmen pode ser removido por difusão através da parede do rúmen ou do fluxo de fluido para o trato posterior, porém, esta segunda via é quantitativamente menos importante.

A absorção da amônia é provavelmente passiva na forma não ionizada (NH_3), isto é, passa através das membranas no sentido de uma concentração fisiológica menor (gradiente fisiológico) (Smith, 1975). A quantidade de amônia na forma não ionizada no rúmen depende do pH e da quantidade total de amônia. O pH parece ser o fator mais importante na determinação da quantidade de amônia absorvida, sendo que a proporção de amônia na forma não ionizada é pequena. Para que se estabeleça rapidamente o equilíbrio da amônia que sai do meio, a forma não ionizada é rapidamente protonada para a forma ionizada: $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{NH}_4^+$. Uma vez que a concentração de amônia na circulação periférica é mantida a baixos níveis devido à conversão de amônia a ureia no fígado, existe um gradiente permanente que permite a absorção da amônia em excesso à capacidade de utilização dos micro-organismos (Visek, 1984).

Segundo Van Soest (1994), o nível de amônia no sangue tende a ser menor que no rúmen, ao passo que, o nível de ureia é menor no rúmen que no sangue, criando um potencial favorável de transferência mútua entre dois compostos, favorecendo a reciclagem. Este mecanismo torna-se fundamental quando o animal se encontra exposto a baixos níveis nutricionais, o que torna os ruminantes aptos a conservar melhor a proteína que outras espécies sob estas condições.

A quantidade de amônia reciclada é relativamente independente do N dietético, uma vez que, o “pool” corporal de ureia está sob controle fisiológico homeostático, que tende a ser constante. Desta forma, o que pode variar seria a quantidade relativa ou a eficiência de

reciclagem do nitrogênio. Assim, em condições de baixo plano nutricional proteico, as perdas na urina seriam relativamente menores, aumentando a proporção reciclada de N, situação inversa em nutrição proteica mais elevada (Van Soest, 1994).

A ureia é sintetizada pelo fígado a partir do ciclo da ureia. Este ciclo é composto por cinco enzimas (carbamil fosfato sintetase-I, ornitina-transcarbamilase, argininosuccinato sintetase, argininosuccinato-liase e arginase), mas uma série de outras proteínas como glutaminase hepática, N-acetilglutamato sintetase, transportadoras mitocondriais de ornitina/citrulina e transportadoras mitocondriais de aspartato/glutamato são necessárias para o adequado funcionamento do ciclo (Morris, 2002).

A amônia absorvida pelo epitélio ruminal ao chegar ao fígado, pela veia porta, reage com o gás carbônico (CO_2) e forma o carbamil fosfato, a partir da ação da enzima carbamil fosfato quinase. Os geradores primários de íons amônio mitocondriais são a glutamato--desidrogenase e a glutaminase. A carbamil fosfato sintetase I requer N-acetilglutamato para sua atividade. O N-acetilglutamato é sintetizado em quantidades maiores quando está presente em concentrações mais elevadas de aminoácidos, fornecendo, assim, um sinal para iniciar a síntese de ureia. O grupo carbamil é transferido do carbamil fosfato para a ornitina, formando a citrulina, numa reação catalisada pela ornitinatranscarbamilase nas mitocôndrias. Após o transporte da citrulina ao citossol, a argininosuccinato sintetase catalisa a condensação do aspartato com a citrulina para produzir a argininasuccinato. Esta síntese é regida pela clivagem do ATP em ADP (adenosina difosfato) e pirofosfato inorgânico (PPi) e pela subsequente hidrólise de PPi em dois Pi. A argininosuccinase rompe então o argininasuccinato em fumarato e arginina. Esta última é rompida hidroliticamente pela arginase para formar ureia e ornitina, conforme o ciclo descrito a seguir, chamado de "Ciclo da ureia" (Figura 1) (Swenson e Reece, 1996).

Como pode ser observado na Figura 2, para que haja a formação de uma molécula de ureia, são necessárias três moléculas de ATP, o que acaba se tornando extremamente custoso energeticamente para o animal. Porém, a cada volta do ciclo, é formada uma molécula de fumarato que pode ser incorporada ao ciclo do ácido cítrico, potencializando a formação de duas moléculas de ATP, que leva a um gasto de apenas um ATP por molécula de ureia formada (Brody, 1984).

Quando a dieta é limitante em energia fermentável, com excesso de proteína bruta ou proteína altamente degradável, poderá ocorrer produção excessiva de NH_4^+ . Contudo, nem todo NH_4^+ produzido poderá ser convertido em proteína microbiana (Bach et al., 2005).

O excesso de amônia, após ser convertida no fígado em ureia, é liberada no sangue, e pode ser excretada na urina ou reciclada para o rúmen. A reciclagem de ureia ocorre, principalmente, através da saliva ou por difusão através da parede ruminal. Ao chegar ao rúmen é prontamente degradada a amônia, normalmente pelas bactérias urolíticas, que habitam principalmente a superfície epitelial do órgão, tornando o nitrogênio novamente disponível para os micro-organismos (Van Soest, 1994).

Kennedy e Milligan (1980) mostraram, por análise de regressão, que a reciclagem de ureia para o rúmen foi positivamente correlacionada com a digestão aparente da matéria orgânica no rúmen e a concentração de ureia plasmática. Por outro lado, foi negativamente relacionada à concentração de N- NH_3 ruminal.

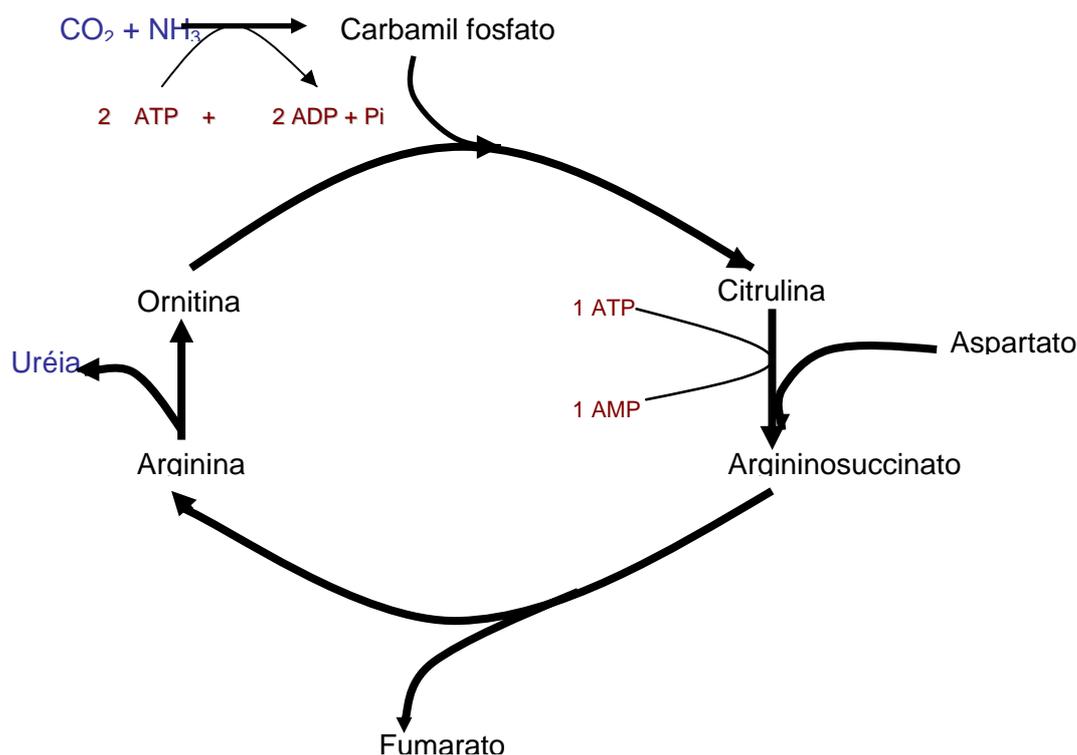


Figura 2 – Ciclo da ureia no ruminante
Fonte Brody (1984)

A ureia plasmática é eliminada pelos rins, por filtração glomerular e reabsorção tubular por processo passivo, secundário à reabsorção de fluidos (Malnic e Marcondes, 1986). Assim, a quantidade de ureia excretada é influenciada por estas funções, além de ser alterada, principalmente, por sua concentração plasmática, sob várias condições dietéticas.

O aumento da concentração de ureia na urina, além de representar dispêndio energético para o animal, prejudicando seu desempenho produtivo, constitui-se importante fonte de contaminação ambiental (Butler et al., 1998).

Além de ser excretada na urina, parte da ureia plasmática se difunde também facilmente para o leite e faz parte dos componentes de nitrogênio do leite normal (Linn e Olson, 1995). Dessa forma, pode-se estimar a concentração de ureia no sangue analisando a ureia do leite. Assim, todos os fatores que influenciam a ureia no sangue irão influenciar sua concentração no leite.

Diversos fatores influenciam a utilização do nitrogênio pelo ruminante, entre eles, a concentração de energia, a concentração de nitrogênio e proteína da dieta, a suplementação de enxofre, período de adaptação da dieta, entre outros.

4.1 Principais fatores que afetam a eficiência de utilização da uréia

4.1.1 Fonte e concentração de energia

No rúmen, os precursores dos aminoácidos são sintetizados a partir dos carboidratos fermentáveis e a amônia é adicionada para fornecer o grupo amino. A quantidade de amônia que pode ser incorporada na proteína microbiana depende da concentração de energia fermentável da ração (Sater e Roffler, 1978).

Entretanto, fatores como degradabilidade da proteína, pH e taxa de reciclagem (*turnover*) do rúmen, exigências nutricionais do animal e outros, podem afetar a quantidade necessária de amônia.

As variações nas fontes de proteína e conteúdo de energia dos alimentos têm grande influência na síntese de proteína microbiana e na fração das proteínas que passa incólumes para os intestinos. Estes fatores também alteram o perfil de aminoácidos da digestão no duodeno, influenciando a produção de leite.

Helmer et al. (1970) demonstraram relação positiva entre a conversão de fontes de nitrogênio a amônia e magnitude da digestão da celulose e do amido, ressaltando a importância da amônia na digestão de carboidratos estruturais e não estruturais no rúmen. Dentre os carboidratos, o amido parece ser a melhor fonte de energia na conversão de amônia em proteína pelos micro-organismos ruminais, porque a taxa de liberação da energia de amido é mais próxima à taxa de liberação de amônia, a partir de compostos como a ureia, que possui rápida hidrólise em ambiente ruminal. A combinação dessas fontes de energia e proteína pode aumentar a eficiência de utilização da amônia liberada, resultando em maior produção de proteína microbiana.

A fermentação de grande quantidade de carboidratos, ultrapassando a degradação da proteína, reduz o crescimento microbiano e a eficiência digestiva. Isso porque, a deficiência em N levará a um desvio do ATP (adenosina trifosfato) para acúmulo de carboidrato e não para a síntese de proteína microbiana (Clark et al., 1992). Dessa forma, a utilização sincronizada de proteína e carboidratos da dieta é necessária para ótimo crescimento microbiano e síntese proteica.

4.1.2 Concentração de nitrogênio e proteína bruta da dieta

A exigência de amônia está relacionada à disponibilidade do substrato, à taxa de fermentação, à massa microbiana e a produção do animal (NRC, 1989). Em dietas com baixo teor de proteína, o conteúdo ingerido de nitrogênio é o principal fator limitante da taxa de fermentação ruminal, assim como, da taxa de passagem dos alimentos pelo trato digestivo. O efeito do aumento da ingestão pelo aumento do teor de nitrogênio na dieta é atribuído à fermentação e taxa de passagem superior.

Devido aos vários fatores que influenciam o metabolismo do nitrogênio no rúmen, duas mensurações são normalmente usadas para determinar a sua eficiência. A medida mais comum é a eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPM), expressa em gramas de nitrogênio microbiano por unidade de energia disponível no rúmen (matéria orgânica ou carboidratos fermentados). Esta, apesar de oferecer informações sobre o uso da energia, não permite avaliar a eficiência na captação do nitrogênio disponível no rúmen. A eficiência no uso de nitrogênio (EUN) é uma medida que complementa a anterior, oferecendo informações mais específicas sobre o metabolismo do nitrogênio (Bach et al., 2005).

A substituição de proteína de origem vegetal pela ureia reduz a disponibilidade de fatores essenciais contidos na fonte proteica aos micro-organismos do rúmen e aos animais hospedeiros. Dentre esses fatores, encontram-se os esqueletos carbônicos necessários para a síntese máxima de proteína microbiana (Maeng e Baldwin, 1976), que são produzidos no rúmen por meio da degradação das proteínas de origem vegetal. Evidenciando os efeitos

dessa reduzida disponibilidade, existem estudos mostrando produção aumentada em vacas (Felix et al., 1980), quando isoácidos precursores de aminoácidos de cadeias ramificadas foram adicionados a dietas contendo níveis elevados de ureia.

Trabalhos têm sugerido que a substituição total de proteína verdadeira por NNP pode resultar em redução na síntese de proteína microbiana e na digestão, devido às limitações impostas ao crescimento microbiano, ocasionado por falta de peptídeos, aminoácidos e ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada (Redman et al., 1980). O nível de proteínas verdadeiras na dieta afeta a conversão de nitrogênio não proteico em proteína microbiana, portanto é imprescindível.

4.1.3 Suplementação de enxofre

O enxofre é normalmente baixo em dietas contendo níveis elevados de NNP, principalmente quando grande proporção da dieta é composta por grãos e ou silagens de plantas produtoras de grãos (Redman et al., 1980).

Os microelementos podem também limitar a utilização de dietas com elevados níveis de ureia, mas a simples prática de suplementar com uma boa mistura mineral contendo microelementos, formulada para os ruminantes, deve ser suficiente para atender às necessidades dos microrganismos, bem como as do animal hospedeiro (Redman et al., 1980).

O enxofre deve ser adicionado à ureia para que as bactérias do rúmen consigam sintetizar aminoácidos sulfurados. Aminoácidos contendo enxofre, como cisteína e metionina, são sintetizados pelas bactérias e incorporados à proteína microbiana. Desta forma, recomenda-se relação N:S entre 10:1 e 15:1. São indicados como fonte de enxofre o sulfato de cálcio (17%) e o sulfato de amônio (24% de S) (Santos et al., 2005).

4.2 Nitrogênio ureico no leite

Atualmente, existe grande interesse no uso da concentração de nitrogênio ureico do leite (NUL) como parâmetro para a avaliação nutricional do rebanho, especialmente quanto à nutrição proteica. Isto porque, o NUL está correlacionado diretamente com os níveis de ureia presentes no plasma e no sangue (Depeters e Ferguson, 1992). No entanto, para usar os valores de NUL com segurança é importante conhecer os fatores nutricionais e não nutricionais que influenciam sua concentração.

O leite apresenta, além das proteínas e peptídeos, uma fração de compostos nitrogenados não-proteicos, que pode perfazer, aproximadamente, 5% do total de nitrogênio do leite, de acordo com Farrell et al. (2004). Esses compostos são, principalmente, originários do sangue, incluindo substâncias como a ureia, a creatinina e a creatina. De acordo com esses autores, a maior proporção do NNP é nitrogênio na forma de ureia (48%), o qual entra livremente na glândula mamária, por difusão, para equilibrar sua concentração com o do plasma sanguíneo.

A utilização de dietas com alto teor proteico, especialmente proteína de rápida degradabilidade retículo-ruminal, ou dietas com desbalanço entre carboidratos e nitrogênio, podem elevar a concentração de nitrogênio não proteico no leite, mensurável pela quantificação da ureia ou outra fonte de nitrogênio não proteico no leite. A ureia no leite (MUN – “*milk urea nitrogen*” ou NUL – “*nitrogênio ureico no leite*”) é altamente

relacionada com a ureia sanguínea que, por sua vez, reflete o excesso de proteína ou insuficiência de carboidratos fermentáveis no retículo-rúmen. Cada unidade de NUL representa a necessidade de excreção de aproximadamente 90 g de proteína, ou 180 g de farelo de soja (Linn e Olson, 1995).

A concentração de proteína na dieta é um dos fatores que mais afeta o NUL e pode ser utilizada para avaliação do balanço de proteína degradável no rúmen (Shepers e Meijer, 1998), permitindo mensurar as perdas de nitrogênio da fermentação ruminal. No entanto, o NUL tem a limitação de não permitir a avaliação da proteína absorvida (Hof et al., 1997).

De forma geral, concentrações aceitáveis de NUL variam entre 12 a 18 mg/dL. Concentrações acima deste valor indicam excesso de proteína degradável, solúvel e/ou falta de carboidratos. Quando o NUL está alto e a proteína do leite baixa, a maior probabilidade é que haja excesso de proteína degradável e falta de carboidratos fermentáveis no retículo-rúmen. Caso o NUL seja alto, mas a proteína do leite esteja normal, apenas a primeira situação poderá estar ocorrendo, excesso de proteína degradada no retículo-rúmen (Linn e Olson, 1995).

No caso de valores de NUL menores do que 12 mg/dL, provavelmente os valores de proteína da dieta são insuficientes (especialmente solúvel) caso a proteína do leite seja baixa, ou haja excesso de carboidratos caso a proteína do leite seja elevada. A Tabela 2 resume essas possibilidades (Linn e Olson, 1995).

Desta forma, diversos fatores nutricionais podem influenciar o aumento de NUL, tais como: aumento da proporção de proteína dietética sendo convertida em amônia, diminuição na ingestão de energia disponível para a síntese de proteína microbiana, aumento da saída de amônia pela parede ruminal; aumento do pH ruminal levando ao aumento de NH_3 , o qual atravessa a parede ruminal com maior velocidade que NH_4 (NRC, 1989).

Butler (2004) postulou que o aumento na concentração protéica (% PB) ou de proteína degradável (%PDR/PB) ou solúvel (%SolP/PB) no rúmen provocaria efeitos prejudiciais aos índices reprodutivos de rebanhos compostos por vacas leiteiras de alta produção. Segundo esse autor, as taxas de prenhez caíram, aproximadamente, 20%, quando a concentração de ureia no leite ultrapassou 19 mg/dL. Ao citar outros trabalhos, o mesmo autor sugeriu valor de 15,4 mg/dL de leite.

Em trabalhos nacionais, Pereira (2005) suplementou vacas Holândes com 6,0 kg/dia de concentrado com concentrações crescentes de PB: 15,2; 18,2 e 21,1%. O autor observou NUL de 14,1; 14,6 e 15,8 mg/dL, respectivamente, para os suplementos testados, não sendo observado efeito ($P>0,05$) do teor nem do consumo diário de PB sobre o NUL.

Garcia (2007) suplementou entre 7 a 8 kg/dia de MS vacas leiteiras com concentrado de 21% PB (média), variando a fonte de carboidrato: milho grão moído (MG); milho grão moído e polpa cítrica (MG+PC); polpa cítrica (PC) e silagem de grão úmido de milho (SGU). Os resultados foram, respectivamente, de 16,3; 17,2; 16,7 e 15,3 mg/dL. Todos esses resultados anteriores estão abaixo do limite crítico mencionado por Butler (2004), de 19 mg/dL.

Tabela 2. Interpretação dos valores de nitrogênio ureico no leite (NUL) (mg/dL) para rebanhos leiteiros com vacas em diferentes fases da lactação

Dias em lactação	% PB no leite	MUN (mg/ 100ml)		
		Baixo < 12	Adequado 12 -18	Alto >18
0 -45 dias	< 3	Déficit de PB e PDR	Adequada relação PDR/IPS, baixa PNDR e fermentação CHO	PDR e PS em excesso em relação CHO; desbalanço de AA
	3,0-3,2	PDR menor que energia	PDR/PNDR/AA balanceados	Excesso de PDR; AA e EL _L balanceadas
	> 3,2	Baixo PDR com AA desbalanceados e energia em excesso	PDR, PNDR e AA adequado com energia em excesso	Excesso de PDR; AA balanceados; EL _L em excesso
46-150 dias em lactação	< 3	PB, PDR e/ou PNDR deficiente	PDR, PNDR, PS e AA desbalanceados	PS e PDR em excesso em relação ao CHO; desbalanço de AA
	3,0-3,2	Baixa PDR/PS	Relação proteína/fração de CHO adequados	CHO balanceados; excesso PDR e AA
	> 3,2	Baixa PDR com excesso de energia	Proteína, AA e fração de carboidratos balanceados	Excesso de PDR/PS em relação à fermentação dos CHO e EL _L
> 150 dias em lactação	<3,2	Baixa PDR/PS e CHO	PS e PDR balanceadas e AA desbalanceados	PS e PDR em excesso em relação à fermentação de CHO; desbalanço de AA e/ou EL _L limitada
	3,2-3,4	Baixa PDR/PS e EL _L	PDR, PNDR e AA balanceados	Excesso de PDR, limitação parcial de AA; EL _L balanceada
	> 3,4	Balanço de AA e restrição de EL _L	AA e EL _L balanceados	Excesso de PDR e AA; EL _L balanceada

PB= Proteína bruta; PDR= proteína degradável no rúmen; PNDR= proteína não degradável no rúmen; AA= aminoácidos; PS= proteína solúvel; CHO= carboidratos; EL_L= energia líquida para lactação

Fonte: Adaptado de Linn e Olson (1995).

Por outro lado, Broderick (2003) avaliou o uso de nitrogênio não proteico e de fontes de proteína verdadeira na ração com diferentes taxas de degradabilidade ruminal sobre a

composição do leite. Esses autores observaram que o uso de ureia e proteína verdadeira como suplemento para vacas em lactação alimentadas com dietas à base de alfafa, silagem de milho e grão de milho diminuíram as concentrações de amônia ruminal e nitrogênio ureico do leite, de acordo com a diminuição da degradabilidade das dietas.

Baker et al. (1995) estudaram os efeitos da concentração, degradabilidade e qualidade da proteína da dieta sobre a concentração de proteína do leite. Neste estudo, foram avaliados dados de 66 rebanhos comerciais de animais da raça Holandês durante 13 meses. Os resultados demonstraram que a concentração de PV do leite foi influenciada pelo suprimento de PDR e as dietas deficientes de PDR apresentaram menor concentração de PV no leite.

Roseler et al. (1993) estudaram o efeito de dietas com diferentes degradabilidades sobre as concentrações de NUL do leite e verificaram que a ingestão de dietas ricas em PNDR elevou os teores de nitrogênio ureico no plasma e leite. Além disso, os autores concluíram que a produção de PV foi positivamente correlacionada à produção de leite, à ingestão de proteína degradável e à ingestão de energia.

A fermentação de grande quantidade de carboidratos, ultrapassando a degradação da proteína, reduz o crescimento microbiano e a eficiência digestiva. Isso ocorre porque a deficiência em N levará a desvio do ATP (adenosina trifosfato) para acúmulo de carboidrato e não para a síntese de proteína microbiana (Nocek e Russel, 1988). Desta forma, a utilização sincronizada de proteína e carboidratos da dieta é necessária para ótimo crescimento microbiano e síntese proteica (Russel e Hespell, 1981), beneficiando a digestibilidade ruminal, a eficiência na utilização de proteína e energia, assim como a produção de leite (Clarck et al., 1992).

Ao avaliar três níveis (15,1%; 16,7%; 18,4%) de proteína bruta, utilizando com fonte proteica ureia e farelo de soja e três níveis de fibra em detergente neutro (36%, 32% e 28%), com objetivo de identificar as concentrações ótimas de proteína bruta e energia na dieta de vacas, Brodrerick (2003) observou que maiores concentrações de proteína na dieta tenham promovido aumento do consumo de matéria seca, da produção de leite, de proteína e de gordura. Porém, as concentrações de NUL e nitrogênio urinário (NU) foram maiores, resultando em diminuição na eficiência de utilização do nitrogênio. O aumento da concentração energética pela diminuição do conteúdo de FDN, diminui o ganho de peso, a produção de leite e dos componentes (exceto gordura) e a excreção de nitrogênio urinário. Por outro lado, a secreção de NUL foi aumentada em função de concentrações mais elevadas de energia.

5. Consumo de matéria seca e digestibilidade dos nutrientes em dietas à base de cana de açúcar suplementadas com ureia

Um forte inconveniente em dietas com base na cana de açúcar e compostos sulfonitrogenados seria a baixa digestibilidade da porção fibrosa (Aroeira et al., 1993; Figueira et al., 1993; Pereira et al., 1996). Apesar do teor de fibra ser menor na cana de açúcar em relação ao observado na maioria das gramíneas tropicais, a fração fibrosa apresenta menor taxa e extensão de degradação, ou seja, sua digestibilidade é baixa, provocando acúmulo de fibra no rúmen, limitando o consumo de alimentos e desempenho animal.

Em contrapartida, à medida que a cana de açúcar amadurece, os teores de FDN e FDA reduzem-se contrariamente ao observado para as demais forrageiras. Esse declínio pode ser explicado pela redução do percentual dos constituintes da parede celular em decorrência do acúmulo de carboidratos solúveis na fase que precede sua maturação (Freitas et al., 2006). Apesar da diminuição de seu teor com a maturação, a digestibilidade da FDN da cana de açúcar é baixa, podendo estar relacionada à alta concentração de lignina e a sua ligação com carboidratos estruturais (hemicelulose e celulose), o que dificulta a ação de micro-organismos ruminais sobre esses carboidratos. A lignina pode ser considerada o fator primário a limitar o potencial de digestão dos carboidratos fibrosos, devido à sua baixa digestibilidade. A função física da lignina é favorecer a rigidez da parede celular, da mesma forma que as características de suas ligações químicas com polissacarídeos estruturais, conhecidas como fração lignocelulósica, inibem a atividade enzimática, limitando a digestão dos carboidratos (Van Soest, 1994).

Em alguns experimentos (Corrêa, 2001; Magalhães et al., 2004) foi verificado que o desempenho obtido com dietas baseadas em cana de açúcar não era satisfatório, tal quanto o uso de silagem de milho. Este fato foi atribuído ao baixo consumo, ou seja, à baixa ingestão de MS. Outros trabalhos (Aroeira et al., 1993; Rodriguez et al., 1993) associaram a baixa ingestão de MS à reduzida digestibilidade da fibra. Já Preston e Leng (1978), após vários experimentos utilizando cana de açúcar, propuseram que este baixo consumo era devido ao fornecimento pós-ruminal insatisfatório de amido e proteína.

Utilizando dietas à base de silagem de milho ou de cana de açúcar como volumoso para vacas da raça Holândes, Mendonça et al. (2004) observaram consumo 21,2% maior para os animais que receberam dietas com silagem de milho, ambas com relação volumoso:concentrado de 60:40. Estes mesmos autores verificaram que a mudança da relação volumoso:concentrado de 60:40 para 50:50 não foi suficiente para aumentar o consumo na dieta à base de cana de açúcar. Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB também não diferiram entre tratamentos (Tabela 3). Porém, aos coeficientes de digestibilidade da FDN, independente do nível de adição de mistura sulfonitrogenada ou da relação volumoso:concentrado, nos tratamentos em que a cana de açúcar foi utilizada como volumoso, diminuíram ($P < 0,05$) (Tabela 3). A justificativa relatada foi a maior concentração de lignina na MS da cana de açúcar (7,9%) em relação à silagem de milho (7,1%). Mesmo com menor concentração de FDN na MS que a silagem de milho (48,5 x 54,4%), a FDN da cana de açúcar seria de menor degradabilidade ruminal que a da silagem de milho, reduzindo a taxa de passagem da MS pelo rúmen e aumentando o tempo de residência.

Aroeira et al. (1993) avaliaram a degradabilidade ruminal de dietas à base de cana de açúcar enriquecidas com 1% de ureia na matéria natural. Foram utilizadas vacas Holândes x Zebu, com consumo médio igual a 11,2 kg de MS. Os valores observados por esses autores foram de 2,6%/h para taxa de passagem e um tempo médio de permanência no rúmen de 40,9 h. A retenção total no trato gastro-intestinal foi de 74,2 h.

Resultados semelhantes foram encontrados por Sousa (2003) e Magalhães et al. (2004), que observaram em vacas da raça Holândes em lactação aumento de 15% no consumo de dietas à base de silagem de milho como volumoso exclusivo quando comparadas com aquelas baseadas em cana de açúcar. Corrêa et al. (2003), de forma semelhante,

verificaram aumento de 6,52%. No entanto, Valvasori et al. (2002) não observaram diferenças no consumo de MS e PB com o aumento da proporção de cana de açúcar nas dietas, em substituição à silagem de milho.

Tabela 3. Consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho e diferentes proporções de cana de açúcar adicionada de ureia

Itens	Dietas			CV ¹ (%)
	Silagem de milho V:C 60:40	Cana de açúcar (1% de ureia)		
		V:C 60:40	V:C 50:50	
<i>Consumo, kg/dia</i>				
Matéria seca	17,8 ^a	14,4 ^c	15,8 ^b	5,8
Matéria orgânica	16,6 ^a	13,7 ^c	15,0 ^b	5,7
Proteína bruta	2,9 ^a	2,4 ^c	2,6 ^b	6,9
Fibra detergente neutro	6,2 ^a	4,5 ^c	4,4 ^c	8,6
<i>Digestibilidade, %</i>				
Matéria seca	69,8	67,0	69,1	4,4
Matéria orgânica	71,5	68,7	70,6	4,2
Proteína bruta	72,4	69,5	69,0	3,2
Fibra detergente neutro	47,4 ^a	30,5 ^b	30,9 ^b	19,1

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes (P<0,05) pelo teste Tukey; ¹Coeficiente de variação.

Adaptado de Mendonça et al. (2004).

Em pesquisa mais recente, Queiroz et al. (2008) avaliaram o desempenho de vacas de alta produção alimentadas com dietas com diferentes fontes de volumosos. Foram avaliados os seguintes tratamentos: cana de açúcar *in natura* (CA); silagem de cana de açúcar inoculada com *L. buchneri* (SCA); silagem de milho (SM); e mistura de cana de açúcar *in natura* e silagem de milho (CASM). Foram observadas diferenças quanto ao consumo de MS, que foi maior quando os animais foram alimentados com a SCA (23,5 kg/dia) e a CASM (23,5 kg/dia). Entretanto, todas as dietas propiciaram aos animais boa produção leiteira (24,4 a 25,5 kg/dia), que não diferiu entre os volumosos (Tabela 4). Esses autores concluíram que dietas contendo silagem de cana de açúcar ou a planta *in natura* atendem às exigências nutricionais de animais leiteiros com esse nível de produção.

Tabela 4. Desempenho de animais alimentados com dietas com diferentes fontes de volumosos

Item	CA	SCA	SM	CASM
Consumo de MS, kg/dia	22,3 ^b	23,5 ^a	21,3 ^c	23,5 ^a
Produção de leite, kg/dia	24,6	24,4	25,5	25,2
PLCG 4%, kg/dia ¹	22,1	22,1	24,0	23,0

Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey; CA= Cana de açúcar, SCA= Silagem de cana de açúcar, SM= Silagem de milho, CASM= cana de açúcar + silagem de milho, 50:50; ¹PLCG 4%= produção de leite corrigido para 4% de gordura.

Adaptado de Queiroz et al. (2008).

Costa et al. (2005) avaliaram o consumo e a digestibilidade de três dietas com cana de açúcar, com relação volumoso:concentrado de 60:40, 50:50 e 40:60, respectivamente. Também foi avaliada dieta com silagem de milho, como volumoso único, na proporção de 60:40. O consumo de MS, MO, PB, FDN, CHO e NDT foi menor para inclusão de 60% de cana de açúcar, intermediário no de 50% e maior no de 40%. O consumo de nutrientes na dieta com 40% de cana de açúcar foi semelhante ao obtido com a dieta à base de 60% de silagem de milho (Tabela 5). Não foram verificadas diferenças nas digestibilidades aparentes da MS, MO e CHO entre as dietas. O coeficiente de digestibilidade da PB foi maior ($P < 0,05$) na dieta com silagem de milho e o de FDN semelhante nas dietas à base de cana de açúcar.

Tabela 5. Consumo e digestibilidade MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos solúveis (CHO) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em dietas com silagem de milho ou cana de açúcar

Item	Dietas				CV(%) ¹
	Silagem de milho 60%	Cana de açúcar + 1% ureia			
		60%	50%	40%	
<i>Consumo, kg/dia</i>					
MS	19,32 ^a	15,77 ^c	17,53 ^b	19,81 ^a	6,71
MO	18,22 ^a	15,07 ^c	16,70 ^b	18,73 ^a	6,78
PB	3,15 ^a	2,41 ^b	2,62 ^b	2,49 ^a	8,66
CHO	14,50 ^{ab}	12,45 ^c	13,79 ^b	15,38 ^a	6,75
FDN	6,47 ^a	4,98 ^b	5,07 ^b	5,25 ^b	7,24
CNF	8,24 ^{bc}	7,56 ^c	8,82 ^b	10,23 ^a	8,41
NDT	13,12 ^a	10,46 ^c	11,74 ^b	13,27 ^a	7,22
<i>Digestibilidade, %</i>					
MS	66,87 ^a	65,82 ^a	66,66 ^a	67,67 ^a	3,55
MO	68,30 ^a	67,81 ^a	68,60 ^a	68,86 ^a	3,24
PB	69,27 ^a	62,74 ^b	61,27 ^b	64,01 ^b	6,22
CHO	67,91 ^a	68,91 ^a	70,15 ^a	69,85 ^a	3,32
FDN	53,34 ^a	33,83 ^b	34,54 ^b	36,68 ^b	13,74
CNF	80,10 ^c	92,34 ^a	90,83 ^a	87,03 ^b	2,90

Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem ($P > 0,05$) pelo teste de Tukey; ¹CV= Coeficiente de variação

Adaptado de Costa et al. (2005).

Outro fator associado à diminuição no consumo de MS em dietas à base de cana de açúcar suplementada com ureia tem sido a palatabilidade. Ruminantes parecem discriminar contra sabores amargos a menores concentrações do que as requeridas para outros grupos de sabores (Chalupa et al., 1979).

A diminuição da ingestão de alimentos devido a quantidades elevadas de ureia na dieta (acima de 1,5 a 2%) tem ocorrido mesmo em animais aparentemente adaptados fisiologicamente para tolerar grandes quantidades de ureia (Huber e Cook, 1972; Huber e Kung, 1981).

Em um dos primeiros trabalhos realizado em bovinos com o intuito de avaliar o efeito da utilização de ureia sobre a ingestão de MS, Loosli e Warner (1958) observaram que a inclusão de 3% de ureia no concentrado diminuiu o consumo devido à palatabilidade. Huber e Sandy (1965) observaram que, em animais alimentados com silagem de milho *ad libitum* e concentrados em que se substituiu 20 ou 40% do teor de proteína bruta por fonte de ureia, a IMS diminuiu. Da mesma maneira, Van Horn et al. (1967) relataram que a adição de 2,2 e 2,7% de ureia no concentrado diminuiu a IMS ($P < 0,05$).

Colovos et al. (1967) utilizando diferentes níveis de ureia no concentrado para vacas em lactação (0,0; 1,2; 2,0 e 2,5%) não observaram diferença significativa ($P > 0,05$) quanto ao consumo de MS e produção de leite, com e sem correção para 4% de gordura, em que a ureia representava 0,0; 17,86; 30,87 e 37,93% da PB da dieta, correspondendo aos valores de 0,0; 0,46; 0,78 e 0,99% de ureia na MS total consumida, ou seja, consumo de ureia variando de 88 a 199 g/dia.

Mugerwa e Conrad (1971) sugeriram que a diminuição da IMS quando se inclui ureia na dieta estaria relacionado à concentração de ureia e amônia no plasma. Já Huber e Cook (1972) sugeriram que a depressão da IMS em dietas com alto nível de ureia estaria relacionada à diminuição da palatabilidade e não aos efeitos ruminais e pós ruminais. Ao elevarem os níveis de NNP nas rações (1 a 3%), Huber e Cook (1972) observaram que o consumo de MS, expressos em kg/dia e % de PV, diminuíram linearmente ($P < 0,05$). Entretanto, Kertz et al. (1982) concluíram que vacas não expostas anteriormente à NNP precisam de várias semanas de fornecimento para que um sinal fisiológico negativo de retorno seja estabelecido, para que os animais possam detectar o alimento contendo ureia.

Em outro experimento, em que foi utilizada ureia no concentrado correspondendo à variação de 0 a 30% do nitrogênio total da dieta para vacas em lactação, Plummer et al. (1971) não verificaram influência dos tratamentos sobre consumo de MS, expresso em % de PV. A produção de leite com e sem correção para 4% de gordura e o teor de proteína do leite também não foi alterado, quando parte da quantidade equivalente de nitrogênio oriundo do farelo de soja foi substituída por ureia.

Huber e Cook (1972) estudando o efeito da concentração de ureia no concentrado (1 e 3%) e do local de administração (oral, rúmen e abomoso) na ingestão de MS, concluíram que o efeito depressivo do maior nível de ureia foi devido ao sabor indesejável e não aos efeitos no rúmen e pós-rúmen.

Kertz e Everett (1975) verificaram que a umidade alta (14,4%) causou decréscimo no consumo de concentrado com 2,5% de ureia comparada com umidade normal (11,2%) sem ureia. Em outro teste, vacas discriminaram o concentrado com alta umidade (15%) e com ureia (1,5%) em relação ao concentrado com umidade normal (11%) e com ureia (1,5%).

Wilson et al. (1975) estudaram o efeito de níveis crescentes de ureia (1,0; 1,65; 2,30 e 3,0%) em misturas completas. A ureia foi fornecida por via oral ou diretamente no rúmen, três vezes ao dia em um dos experimentos. Em outro experimento, o efeito do nível da ureia (1 e 3%) e o método de administração da ureia no rúmen (colocada duas vezes ao dia ou continuamente durante todo o dia) foram avaliados. Independente do método de fornecimento, a inclusão de quantidades maiores que 1% de ureia na MS diminuíram o consumo. Considerando o método de fornecimento, a introdução ou infusão de ureia no rúmen deprimiu o consumo quando comparado com o fornecimento na dieta. O aumento

dos teores de ureia, sem considerar o método de fornecimento, aumentou a concentração ruminal de amônia e ureia na saliva. Os autores sugeriram que depressão da IMS quando vacas leiteiras receberam dieta com mais de 1% de ureia não estaria relacionado à palatabilidade, mas sim, aos parâmetros fisiológicos, como concentração de amônia ruminal.

Nesta mesma linha de pensamento, Kertz et al. (1977) estudaram o efeito de níveis crescentes de amônia (40, 181 e 462 ppm) no ambiente durante o período em que as vacas em lactação recebiam o concentrado. Este era fornecido durante 30 minutos, duas vezes ao dia (período da manhã e da tarde), sendo os testes realizados somente no período da manhã. Os autores concluíram que o cheiro da amônia não seria responsável pela rejeição inicial de concentrados contendo ureia. Em trabalho posterior, Kertz et al. (1982) relataram que solução de ureia absorvida em algodão (mesma técnica usada no experimento com amônia), colocada no cocho, não afetou ($P>0,05$) a ingestão de concentrado. A concentração de amônia no ar acima do cocho, em que foi colocado o algodão com solução de ureia, foi inferior a 100 ppm. Desta forma, os autores concluíram que os resultados desse experimento com ureia foram semelhantes aos obtidos com amônia. Foi sugerido por esses autores, que o odor (cheiro) da amônia e/ou da ureia parece não ser responsável pela depressão inicial do consumo de concentrados contendo ureia fornecida em períodos restritos de tempo (30 minutos).

O efeito da introdução de ureia (2,5% em misturas completas) sobre o comportamento alimentar foram estudados por Chalupa et al. (1979). Para isso, foram utilizadas 12 novilhas Holândes com peso vivo de 156 ± 24 kg nunca antes expostas a dietas com ureia. Nos sete dias iniciais do experimento todos os animais receberam a dieta controle contendo farelo de soja. A partir do 8º até o 14º dia, metade dos animais continuaram recebendo a mesma dieta e a outra metade passou a receber a dieta com 2,5% de ureia durante 6 h/dia e dieta controle durante as 18 h restantes. Do 15º ao 18º dia foi fornecida novamente a dieta controle sem ureia a todos os animais. No 18º dia os animais do tratamento com ureia continuaram recebendo ureia, entretanto, durante 2 h e a dieta sem ureia durante outro período de 2 h. Os outros animais (controle) receberam a ração sem ureia durante o período total de 4 h. A ureia não teve efeito nos parâmetros estudados (consumo, número de bocados, tempo de alimentação, tamanho do bocado e velocidade de alimentação) nos três primeiros dias de fornecimento (dias 8 a 10 do experimento). Do 4º ao 7º dia de fornecimento da dieta com ureia (11º ao 14º dia do experimento), a ingestão total, o tamanho do bocado e a velocidade do consumo diminuíram ($P<0,05$) em relação à dieta sem ureia (Tabela 6). O tempo de alimentação e o número de bocados não foram afetados. Os autores observaram que mesmo após 4 dias de interrupção do fornecimento de dieta com ureia, os animais continuaram refratários à dieta com ureia. A concentração de amônia no sangue continuou alta mesmo após 4 dias de interrupção do fornecimento da dieta com ureia. Segundos os autores, o efeito depressivo da ureia na ingestão não é devido ao sabor e/ou cheiro da ureia em si, mas a uma resposta aprendida, que provavelmente é desenvolvida pela associação entre uma indisposição sentida pelo animal e o aroma de dietas contendo ureia. A amônia, pela sua toxidez a nível celular, seria o mais provável metabólito responsável pela indisposição.

Kertz et al. (1982) verificaram que a colocação de ureia no centro do pélete do concentrado, com a finalidade de mascarar o aroma e o odor da ureia, não melhorou a palatabilidade em relação ao concentrado cujo pélete tinha a ureia uniformemente distribuída. No teste de preferência, as vacas consumiram somente o concentrado em que a ureia era distribuída uniformemente pelo pélete.

Tabela 6. Efeito da substituição de parte do farelo de soja (FS) da ração por 2,5% de ureia (U) sobre comportamento alimentar de novilhas Holandês

Tempo (h)	Dias do experimento					Valor P
	8 a 10		Valor P	11 a 14		
	FS	U		FS	U	
<i>Ingestão, kg</i>						
0,5	1,06	0,73	-	0,79 ^a	0,23 ^b	0,008
1,5	1,42	1,18	-	1,35 ^a	0,56 ^b	0,002
3,0	1,48	1,38	-	1,56 ^a	0,83 ^b	0,001
6,0	2,89	2,60	-	2,61 ^a	1,33 ^b	0,005
<i>Número de bocados</i>						
0,5	21,1	20,9	-	17,1	13,3	-
1,5	39,1	37,2	-	30,9 ^a	25,3	0,10
3,0	48,9	45,3	-	43,3	44,3	-
6,0	87,1	88,2	-	65,6	66,8	-
<i>Tempo de alimentação, minutos</i>						
0,5	15,9	14,9	-	12,8	9,5	-
1,5	25,7	26,8	-	21,4	19,4	-
3,0	30,8 ^b	37,9 ^a	0,10	28,8	26,9	-
6,0	57,9	66,2	-	47,0	42,6	-
<i>Tamanho do bocado, gramas</i>						
0,5	51	37	-	51	22	0,29
1,5	41	35	-	47 ^a	24 ^b	0,02
3,0	35	34	-	39	20	0,06
6,0	35	32	-	40 ^a	20 ^b	0,05
<i>Velocidade de consumo, min</i>						
0,5	67	54	-	68	27	0,06
1,5	61	47	-	68	33	0,07
3,0	61	39	-	60	33	-
6,0	54	41	-	60 ^a	30 ^b	0,04

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Adaptado de Chalupa et al. (1979).

Uma série de experimentos referente ao efeito da ureia no consumo e sobre os possíveis fatores envolvidos foram realizados por Kertz et al. (1982). Em um primeiro estudo, o efeito da inclusão de três níveis de ureia (0,0; 1,0 e 2,5%) no concentrado sobre a IMS foi avaliado. Os autores verificaram que a ingestão total e a velocidade de consumo de concentrados no intervalo de cinco minutos durante 2 períodos de 30 minutos cada um (um de manhã e outro à tarde) foram iguais para os concentrados sem e com 1% de ureia.

Porém, menores para o concentrado com 2,5% de ureia, embora a diferença no consumo total de concentrado (Tabela 7) não tenha sido significativa ($P>0,05$). O consumo de concentrado no primeiro intervalo de 5 minutos do período de 30 minutos de fornecimento, no período da manhã, do tratamento com 2,5% de ureia foi de, aproximadamente, 60% do consumo verificado para os tratamentos sem e com 1% de ureia. Antes do fornecimento de concentrado no período da manhã, os valores de pH e amônia foram iguais para os três níveis de ureia. Após o fornecimento do concentrado, o pH (6,82) do tratamento com 2,5% de ureia foi maior do que o dos outros dois tratamentos (6,27 e 6,44; respectivamente para os concentrados sem e com 1% de ureia). As concentrações de amônia, após o consumo de concentrado no período da manhã, foram maiores ($P<0,05$) para os concentrados com ureia do que para o concentrado sem ureia (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito do teor de ureia no concentrado sobre o consumo de concentrado, valores de pH e amônia no líquido ruminal

Dias ¹	Concentrado, % ureia	Consumo kg/vaca/dia	Alimentação período da manhã			
			pH		Amônia, mg/100mL	
			Antes	Depois	Antes	Depois
3-7 e 38-42	0	12,6	6,90 ^a	6,27 ^{b,B}	28,7 ^a	37,5 ^{a,A}
10-14 e 24-28	2,5	9,2	6,82	6,82 ^A	26,0 ^a	107,5 ^{b,B}
17-21 e 31-35	1,0	13,6	6,78 ^a	6,44 ^{a,B}	26,9 ^a	106,7 ^{b,B}

^{ab}Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,05$); ^{AB}Médias seguidas de letras maiúsculas distintas nas colunas indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p<0,05$); ¹Dias do início do experimento. Os concentrados experimentais eram fornecidos durante os cinco dias úteis da semana. Nos fins de semana, foi fornecido o concentrado sem ureia.

Adaptado de Kertz et al. (1982)

A introdução da ureia na forma de péletes colocados na parte mediana do rúmen (80 gramas, duas vezes ao dia, 10 minutos antes do fornecimento do concentrado) não afetou o consumo de concentrado durante os dois períodos de alimentação de 30 minutos cada um (de manhã e à tarde). Os valores de pH e concentrações de amônia medidos antes da introdução da ureia não foram alterados (Kertz et al., 1982). Porém, em outro experimento no qual a ureia foi colocada na forma de solução na parte mediana do retículo-rúmen, área onde o alimento é inicialmente depositado quando a vaca consome, Kertz et al. (1982) verificaram depressão na ingestão de concentrado e alterações significativas no valor de pH e na concentração de amônia. Esse decréscimo no consumo do concentrado após a introdução da ureia foi acompanhado do aumento no pH no período da manhã e na concentração de amônia nos dois períodos (manhã e tarde). Quando a ureia introduzida estava protegida com parafina, o consumo de concentrado e os valores de pH não foram afetados ($P>0,05$) e a concentração de amônia se manteve a níveis intermediários entre os tratamentos sem ureia e com ureia sem proteção. Segundo os autores (Kertz et al., 1982), os dados sustentam a hipótese de que rápida hidrólise da ureia, causando toxidez subletal de amônia, resulta em redução da ingestão.

Oliveira et al. (2001) avaliaram a utilização de níveis crescentes de ureia na matéria seca total das dietas (0; 0,7; 1,4 e 2,1%, respectivamente, 0,0; 116,0; 221,0 e 302,6 g de ureia) sobre o consumo e as digestibilidades aparentes da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e de nutrientes digestíveis totais (NDT). Foram utilizadas vacas Holândes com, aproximadamente, 20 kg de produção de leite. A relação volumoso:concentrado utilizada foi 60% de silagem de milho e 40% de concentrado. Os níveis crescentes de NNP no concentrado resultaram em consumo reduzido de MS, MO, PB, e NDT e aumento linear do EE. As digestibilidades aparentes totais de MS, MO, FDN, EE e PB não foram influenciadas pelos níveis crescentes de NNP na dieta (Tabela 8).

Tabela 8. Consumo e coeficiente de digestibilidade da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), em função dos teores de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP), em dietas à base de silagem de milho

Item	Teores de NNP (%), na MS total da dieta				CV% ¹	Valor do P ²	
	0	0,7	1,4	2,1		L	Q
<i>Consumo, kg/dia</i>							
MS	16,66	16,54	15,77	14,41	7,16	0,0007	NS
MO	15,56	15,57	14,90	13,54	7,12	0,0014	NS
FDN	6,47	7,21	6,59	6,01	6,47	0,0353	0,0184
PB	2,41	2,57	2,26	2,08	8,47	0,0001	NS
NDT	11,75	11,91	10,99	10,23	11,15	0,0002	NS
<i>Digestibilidade, %</i>							
MS	70,17	70,21	68,54	68,89	8,12	NS	NS
MO	71,55	71,71	69,98	69,99	7,70	NS	NS
FDN	64,74	69,02	67,31	67,96	8,22	NS	NS
PB	69,62	70,39	69,47	72,95	10,23	NS	NS

¹CV= coeficientes de variação; ²probabilidades (P) referentes aos efeitos linear (L) e quadráticos (Q), NS= não significativo em nível de 5%.

Adaptado de Oliveira et al. (2001)

Segundo Oliveira et al (2001), a diminuição do consumo poderia ser explicada em função da baixa palatabilidade e/ou dos efeitos fisiológicos da ureia, pois o aumento do nível de NNP da dieta geralmente eleva a concentração de amônia no rúmen.

Na revisão de literatura conduzida por Santos et al. (1998), foram compilados 24 trabalhos que estudaram a suplementação de ureia para vacas com produção entre 30 a 40 kg/d de leite. Os efeitos da ureia sobre o consumo de matéria seca foram inconsistentes, em alguns casos aumentando (2), em outros não afetando (17), e em outros reduzindo o consumo (5).

Santos et al. (2005) utilizando vacas no terço médio da lactação, produzindo de 30 a 32 kg/dia de leite, ao avaliarem o efeito da inclusão de 1% de ureia na dieta em substituição parcial ao farelo de soja, também observaram redução no consumo.

Alguns trabalhos relacionaram o menor consumo de MS em dietas com adição de ureia aos efeitos metabólicos e/ou à palatabilidade. Com o objetivo de avaliar essa teoria, Silva et al. (2001) utilizaram 15 vacas lactantes Holandês X Gir, alimentadas à vontade com dietas

isoprotéicas, constituídas na base da MS de 60% de silagem de milho e 40% concentrado, contendo 0; 0,7; 1,4 e 2,1% de ureia na dieta total. Avaliou-se nesse estudo o consumo e as digestibilidade aparente dos nutrientes. Ao elevarem os níveis de NNP nas dietas, os consumos de nutrientes, expressos em kg/dia, diminuíram linearmente ($P < 0,05$) (Tabela 9).

Tabela 9. Consumos médios diários de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), carboidratos totais (CHO) e nutrientes digestíveis totais (NDT), em função dos níveis de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP), coeficientes de variação (CV) e nível de probabilidade (P) dos efeitos linear (L) e quadrático (Q)

Item	Teores de ureia (% , MS total da dieta)				CV% ¹	Valor P ²	
	0	0,7	1,4	2,1		L	Q
	<i>Consumo (kg/dia)</i>						
MS	16,04	16,49	11,64	11,93	17,32	0,0073	NS
MO	15,13	15,58	11,02	11,35	17,21	0,0081	NS
FDN	6,68	6,84	4,69	5,22	19,64	0,0234	NS
EE	0,29	0,33	0,24	0,23	15,68	0,0180	NS
PB	2,29	2,33	1,63	1,49	16,16	0,0008	NS
CHO	12,61	12,97	9,11	9,56	17,61	0,0104	NS
NDT	11,87	12,10	9,74	9,12	13,39	0,0036	NS

¹CV= coeficientes de variação; ²probabilidades (P) referentes aos efeitos linear (L) e quadráticos (Q), NS= não significativo em nível de 5%.

Adaptado de Silva et al. (2001).

A relação entre o consumo de MS e os níveis de NNP na dieta indicou que, a cada unidade percentual de NNP na dieta, ocorreu decréscimo de 390,59 g na ingestão de MS. Não foram observados efeitos dos níveis de NNP sobre as digestibilidades aparentes (Tabela 10). Segundo esses autores, o menor consumo de MS foi realmente causado pelos efeitos associados dos metabólicos produzidos, assim como, a pouca palatabilidade da ureia.

Utilizando os mesmos teores de inclusão de ureia na MS total da dieta (0,0; 0,7, 1,4 e 2,1%) para vacas Holandês X Gir, alimentadas individualmente com dietas constituídas de volumoso (silagem de milho) e concentrado, na proporção 60:40, Torres et al. (2002) observaram que a ingestão de MS dos 70 aos 110 dias de lactação reduziu ($P < 0,01$) a partir do nível de 0,7% de ureia na dieta, sendo que a máxima ingestão de MS foi obtida com ausência de ureia na dieta. De forma semelhante a Silva et al. (2001), esses autores também relataram que a diminuição do consumo de MS estava associado aos efeitos metabólicos e à baixa palatabilidade da ureia, caracterizada pelo seu sabor amargo.

Porém, uma nova teoria contrária ao efeito depressor da ureia sobre o consumo foi hipotetizada por Oba e Allen (2003). Segundo esses autores, o metabolismo oxidativo do propionato poderia causar sensação de saciedade em vacas devido o aumento da concentração hepática de ATP. Todavia, este efeito inibitório do propionato sobre o consumo de MS poderia ser reduzido com a utilização de amônia e potássio. A utilização de amônia diminuiria a concentração de ATP hepático, já que este seria utilizado para a síntese de ureia e o potássio agiria sobre o ramo hepático do nervo vago, diminuindo a taxa de descarga. Com o intuito de avaliar essa hipótese, Allen e Oba (2003) realizaram infusão

intraruminal de ácido propiônico, propionato de amônia, propionato de sódio e propionato de potássio em vacas lactantes e avaliaram o efeito dessas infusões sobre o consumo de MS, frequência e tempo de alimentação. A infusão de propionato de amônia diminuiu a IMS e a frequência de alimentação ($P < 0,04$) quando comparada às infusões feitas com propionato de sódio e potássio. Entretanto, nenhum efeito foi observado sobre o tempo gasto por alimentação, indicando assim, que a amônia diminuiu a sensação de fome.

Tabela 10. Coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e carboidratos totais (CHO), em função dos níveis de compostos nitrogenados não-proteicos (NNP) das rações, coeficiente de variação (CV) e níveis de probabilidade (P) dos efeitos linear (L) e quadráticos (Q)

Item	Teores de ureia (% , MS total da dieta)				CV% ¹	Valor P ²	
	0	0,7	1,4	2,1		L	Q
<i>Coeficientes de digestibilidade (%)</i>							
CDMS	74,72	74,22	85,23	78,38	5,25	NS	NS
CDMO	76,01	75,77	86,54	79,95	4,97	NS	NS
CDFDN	72,74	69,36	80,54	75,65	6,18	NS	NS
CDEE	81,88	86,71	90,20	76,28	8,39	NS	0,0130
CDPB	72,95	74,19	85,95	78,00	5,92	NS	NS
CDCHO	76,66	75,87	86,48	80,19	4,93	NS	NS

¹CV= coeficientes de variação; ²probabilidades (P) referentes aos efeitos linear (L) e quadráticos (Q), NS= não significativo em nível de 5%.

Adaptado de Silva et al. (2001).

Melo et al. (2003) avaliaram a substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira no desempenho de vacas Holândes em lactação. Oito animais com 90 dias de lactação e 600 kg de peso vivo foram distribuídos em dois quadrados latinos (4x4). A ureia representou 0,0; 0,8; 1,54 e 2,40% da MS da dieta, correspondente a 2,32; 4,65; 6,66 e 8,02% de PB na forma de compostos nitrogenados não proteicos, que representaram os tratamentos experimentais. Ao elevar, as porcentagens de ureia nas dietas, os consumos de MS, nas três formas em que foram expressos, diminuíram linearmente ($P < 0,05$). Novamente, foi sugerido por esses autores, que essa redução foi provocada pelos efeitos metabólicos e/ou a palatabilidade da ureia, devido ao sabor amargo, uma vez que, a quantidade de FDN consumida em g/kg/PV foi semelhante entre os tratamentos. Entretanto, vale ressaltar que a inclusão de NNP ocorreu concomitantemente com o aumento na proporção de palma forrageira na dieta, alimento com elevado teor de umidade, resultando em grande volume de matéria natural, o que, também, pode ter contribuído para a redução na ingestão de matéria seca. Os consumos de MO, expressos em kg/dia, também diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com o aumento dos teores de NNP nas dietas, o que pode ser explicado pela diminuição do consumo de MS. O consumo de PB apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$), com valor máximo estimado em 3,3 kg/dia, para o nível de 4,71% de NNP, o que pode ser explicado pelo aumento da

porcentagem de PB nas dietas e o tratamento contendo 6,66% de NNP ter proporcionado maior consumo de MS em relação aos tratamentos com 4,65 e 8,02% de NNP (Tabela 11).

Tabela 11. Médias e equações de regressão dos consumos de matéria seca (CMS), % PV (CMSPV), e g/kg^{0,75} (CMSTM), matéria orgânica (CMO) e consumo de proteína bruta (CPB) em função da porcentagem de PB na forma de nitrogênio não proteico (NNP)

Item	% PB na forma de NNP				Equações de regressão	R ²	CV
	2,31	4,65	6,66	8,02			
CMS	19,42	18,77	19,02	17,25	Y=20,27-0,31NNP	0,77	4,32
CMSPV	3,15	3,05	3,08	2,80	Y=3,28-0,05NNP	0,73	3,66
CMSTM	157,05	152,66	153,50	139,4	Y=163,88-2,48NNP	0,74	3,83
CMO	17,83	17,09	17,26	15,63	Y=18,67-0,31NNP	0,78	4,29
CPB	3,20	3,24	3,23	3,02	Y=2,81+0,20NNP-0,02NNP ²	0,85	5,74

Adaptado de Melo et al. (2003).

Vários fatores interferem no consumo de matéria seca. Dentre esses, o teor de uréia utilizado na dieta. Os mecanismos pelo qual a ureia interfere no consumo de MS não estão bem definidos. O gosto amargo da ureia afetando a palatabilidade total da dieta tem sido o fator mais relacionado. Entretanto, a concentração de amônia e os efeitos pós-ruminais também têm sido associado ao efeito negativo da utilização de uréia em dietas de vacas leiteiras sobre o consumo.

6. Produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar suplementadas com ureia

A manutenção de qualquer atividade produtiva depende basicamente da eficiência do sistema de produção, que pode ser traduzida pela maior produtividade com o menor custo possível. Na atividade leiteira, a nutrição é o principal fator que influencia a eficiência do sistema de produção, pois é o maior responsável pelo processo de produção.

Um dos primeiros estudos realizados avaliando o efeito da substituição total ou parcial de silagem de milho por cana de açúcar e ureia sobre a produção de leite foi feito por Castro (1967). Este pesquisador forneceu a um grupo de vacas 1/2 Holandês x Zebu (H x Z), com produção média diária de 9,7 a 9,9 kg/dia de leite, quantidades crescentes de cana de açúcar e ureia em substituição à silagem de milho e não foi observado diferença da produção de leite entre as dietas.

Paiva et al. (1991) trabalharam com 32 vacas Holandês x Zebu divididas em dois grupos: cana de açúcar mais 0,8% de ureia na MS total e silagem de milho mais 0,5% da mesma mistura, sendo que ambos os grupos receberam 4,0 kg de uma mistura de concentrados à base de farelo de trigo, arroz e milho. Os autores concluíram que as dietas com base em cana de açúcar, mesmo enriquecida com ureia, não se mostraram alimento adequado para esse tipo de animal, com produção média de 12 kg de leite/dia no terço inicial da lactação.

Porém, Alonso e Senra (1992) submeteram 90 vacas da raça Holândes, por dois anos, a dois períodos e dietas diferentes: período das chuvas no qual os animais eram manejados em pasto e período da seca onde eram confinadas e alimentadas com cana de açúcar e ureia. As vacas receberam ainda 0,50 kg de concentrado para cada 1 kg de leite a partir de

15 kg de leite/dia. Os autores observaram que dietas com cana de açúcar e ureia foram capazes de suportar produção diária de 10 kg leite/vaca/dia.

Valvasori et al. (1998) utilizaram silagem de milho, cana de açúcar e ureia e mistura de ambas (50:50%) e não registraram diferenças ($p < 0,05$) para produção leite.

De acordo com os trabalhos citados acima, pode-se inferir que a utilização da cana de açúcar adicionada com 1% de ureia como base alimentar para bovinos de baixo potencial produtivo não é uma ideia tecnologicamente nova. A questão nova e que merece estudos seria se é possível explorar a capacidade da utilização da cana de açúcar e qual é o melhor teor de ureia a ser adicionado neste volumoso em sistemas de produção de leite, trabalhando com animais de média a alta produção.

Para tentar responder essas questões, Corrêa (2001) alimentou nove vacas da raça Holândes, em delineamento Quadrado Latino 3x3, com três dietas: MM – dieta composta por silagem de milho de grão mole; MD – dieta composta por silagem de milho de grão duro; CA – dieta composta por cana de açúcar. As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas e isoproteicas, ao mesmo tempo em que apresentavam semelhante proporção de fibra em detergente neutro (FDN) vinda da forragem (20% de FDN na MS da dieta). A produção de leite diferiu entre as dietas MD, MM e CA ($P < 0,001$), sendo de 34,2; 34,6 e 31,9 kg/vaca/dia de leite, respectivamente. Entretanto, apesar da menor produção de leite, a utilização da cana de açúcar como volumoso exclusivo demonstrou ter potencial para ser utilizada em animais de alta produção, podendo esta não ser máxima, mas financeiramente viável. Santos et al. (2005), através de simulações, demonstraram que as formulações contendo cana de açúcar resultaram em custo menor que aquelas com base em silagem de milho para vacas com produção entre 15 e 45 kg/dia/leite.

Magalhães (2004) avaliou o efeito de quatro níveis de substituição (0, 33, 66 e 100%) da silagem de milho por cana de açúcar em dietas para vacas produzindo 24 kg de leite por dia e verificou que a produção decresceu linearmente com o aumento dos níveis de substituição da silagem de milho, o que foi explicado pela redução nos consumos de MS. As produções de leite e consumo de MS foram 24,17; 23,28; 22,10; 20,36 e 20,03; 19,07; 18,53; 17,26 kg/dia, respectivamente. Os animais consumiram 119, 210, 218,7 e 220g/dia de ureia, nas dietas com 0; 33,3; 66,6 e 100% de inclusão de cana de açúcar, respectivamente. Segundo o autor, a resposta ao uso da cana de açúcar para vacas leiteiras não está apenas na produção de leite, devendo observar também o escore corporal durante a lactação. De forma semelhante, Silva et al. (2001) e Oliveira et al. (2001), utilizando níveis crescentes de ureia (0; 0,7; 1,4 e 2,1%) na MS total da dieta, verificaram diminuição linear no consumo de alimentos e na produção de leite de vacas Holândes, com média de 20 kg/dia de produção de leite.

Mendonça et al. (2004) também observaram que a produção de leite para as vacas alimentadas com dietas à base de cana de açúcar como volumoso, independente da relação volumoso:concentrado, foi menor que aquelas alimentadas com a dieta baseada em silagem de milho (Tabela 12). Em relação à composição de leite não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre as dietas experimentais. A menor produção de leite observada para as vacas que receberam as dietas de cana de açúcar foi explicada pelo menor CMS, o que resulta em menor aporte de nutrientes para o animal.

Tabela 12. Valores médios de produção de leite, teores de gordura e proteína no leite de vacas em dietas com silagem de milho e diferentes proporções de cana de açúcar

Itens	Dietas			CV (%) ²
	Silagem de milho V:C 60:40	Cana de açúcar (1% de ureia ¹)		
		V:C 60:40	V:C 50:50	
Leite (kg/dia)	22,0 ^a	18,6 ^b	20,1 ^b	7,3
Gordura (%)	3,8	3,8	3,9	6,7
Proteína (%)	3,2	3,2	3,2	3,7

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$); ¹MN= % na matéria natural; ²CV= Coeficiente de variação.

Adaptado de Mendonça et al. (2004).

Costa et al. (2005) verificaram diminuição da produção de leite para vacas que receberam dietas baseadas em cana de açúcar em relação à silagem de milho. Segundo esses autores, a menor produção de leite nas dietas com maior participação da cana de açúcar pode ser explicada pelo menor consumo de nutrientes. Nesse experimento, não foi verificada diferença ($P > 0,05$) para a composição do leite entre as dietas experimentais (Tabela 13).

Tabela 13. Produção de leite e de leite corrigida para 3,5% de gordura e composição do leite de vacas alimentadas com dietas à base de silagem de milho, na proporção de 60%, ou cana de açúcar corrigida com 1% da ureia, nas proporções de 60, 50 e 40%

Item	Silagem de milho	Cana de açúcar + 1% ureia na MN ¹			CV (%) ²
		60%	50%	40%	
Leite, kg/dia	20,81 ^a	16,90 ^c	18,82 ^b	19,74 ^{ab}	8,55
PLC 3,5%, kg/dia	21,22 ^a	16,76 ^b	17,52 ^b	19,79 ^{ab}	14,74
Proteína, %	3,65 ^a	3,63 ^a	3,70 ^a	3,73 ^a	5,88
Gordura, %	3,61 ^a	3,45 ^a	3,25 ^a	3,47 ^a	16,04

Médias seguidas de mesma letra, na mesma linha, não diferem ($P > 0,05$) pelo teste Tukey; ¹MN= % na matéria natural da cana de açúcar; ²CV= Coeficiente de variação.

Adaptado Costa et al. (2005).

Carmo et al. (2005) avaliaram o efeito da substituição parcial de farelo de soja por ureia, na forma extrusada com milho (amireia) ou convencional em dietas à base de silagem de capim. Os teores de ureia e amireia (A150S) utilizados foram de 2% e 3,86% na MS total da dieta, respectivamente. A substituição não afetou a produção de leite, leite corrigida para 3,5% de gordura, produção de gordura e a de sólidos totais. Entretanto, os teores de gordura e sólidos totais foram maiores ($P < 0,05$) na dieta com ureia (Tabela 14). Segundo esses autores, tal fato pode ser explicado pelo possível efeito benéfico da ureia no pH ruminal. O poder alcalinizante da ureia poderia auxiliar na manutenção do pH ruminal mais elevado e favorecer a digestão da fibra no rúmen, como também minimizar a produção de ácidos graxos *cis 10 trans 12*. A maior disponibilidade de precursores (acetato), assim como menor concentração de fatores inibidores (ácidos graxos *cis 10 trans 12*) da síntese de gordura poderiam explicar o maior teor de gordura no leite de vacas recebendo dieta com 2% de ureia.

Aquino et al. (2007) estudaram o efeito de níveis crescentes de ureia na dieta de vacas em lactação sobre a produção e composição físico-química do leite. As dietas eram composta de farelo de soja como principal fonte proteica e cana de açúcar como volumoso. As dietas eram semelhantes à controle, ocorrendo apenas substituição de parte do farelo de soja por 0,75 ou 1,5% de ureia. Não houve efeito das dietas sobre as produções de leite e de leite corrigida para 3,5% de gordura. Os teores de proteína, gordura, lactose, nitrogênio ureico, extrato seco total e extrato seco desengordurado não foram afetados pelas dietas (Tabela 15).

Tabela 14. Produção e composição do leite de vacas leiteiras alimentadas com dieta à base de silagem de capim suplementadas com amiréia (A150S) ou ureia (U) em substituição o farelo de soja

Itens	FS	A150S	U	P< ¹	EPM ²
Leite, <i>kg/dia</i>	19,13	19,73	18,48	0,2666	0,4833
LCG 3,5%, <i>kg/dia</i>	18,31	19,50	19,52	0,1487	0,5231
Gordura, %	3,45 ^b	3,45 ^b	3,80 ^a	0,0589	0,1225
Gordura, <i>kg/dia</i>	0,62 ^b	0,67 ^{ab}	0,71 ^a	0,0580	0,0443
Proteína, %	3,10	3,06	3,12	0,2632	0,0313
Proteína, <i>kg/dia</i>	0,59	0,60	0,57	0,7059	0,0316
Lactose, %	4,37	4,32	4,29	0,2985	0,0412
Lactose, <i>kg/dia</i>	0,85	0,85	0,80	0,2486	0,0517
Sólidos totais, %	11,52 ^b	11,54 ^b	11,92 ^a	0,0709	0,1422
Sólidos totais, <i>kg/dia</i>	2,15	2,25	2,25	0,5439	0,1384

Letras diferentes nas linhas referem-se a médias que diferem pelo teste T ($P < 0,05$); ¹p< = probabilidade de haver efeito significativo entre os tratamentos; ²EPM= erro padrão da média.

Adaptado de Carmo et al. (2005)

De acordo com esses resultados, Aquino et al. (2007) sugeriram que o uso de até 1,5% de ureia na MS da dieta de vacas em lactação com dietas à base de cana de açúcar não alteraria a produção, a composição e as características físico-químicas do leite.

Tabela 15. Produção e composição do leite e do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de ureia em dietas à base de cana de açúcar

Itens	Nível de ureia (% na MN ¹)			CV ²	Valor P	
	0	0,75	1,5		L ³	D ⁴
Leite, <i>kg/dia</i>	23,38	22,56	22,36	26,7	NS	NS
Leite corrigido 3,5% de gordura, <i>kg/dia</i>	21,72	20,54	20,86	24,29	NS	NS
Proteína, %	3,39	3,20	3,27	11,78	NS	NS
Gordura, %	3,12	2,97	3,17	11,72	NS	0,06
Lactose, %	4,63	4,66	4,64	4,40	NS	0,06
Extrato seco total, %	12,02	11,87	12,05	5,50	NS	NS
Nitrogênio ureico do leite, <i>mg/dL</i>	17,97	17,28	17,48	16,59	NS	NS

¹MN= % de ureia na matéria natural da cana de açúcar; ²CV= Coeficiente de variação; ³L= Probabilidade para o efeito linear; ⁴D= Probabilidade para efeito de desvio; NS= não significativo ($P > 0,10$).

Adaptado Aquino et al. (2007)

De forma semelhante, Santiago et al. (2008) avaliaram o efeito da utilização de diferentes teores de ureia na cana de açúcar (0; 0,4; 0,8 e 1,2%, na base da matéria natural) sobre a produção e composição de leite de vacas lactantes com produção abaixo de 15 kg/dia. A produção de leite e de leite corrigida para 3,5% de gordura, bem como os teores de gordura, proteína, lactose, extrato seco desengordurado e extrato seco total do leite não foram afetados pelos diferentes teores de ureia na cana de açúcar (Tabela 16).

Tabela 16. Produção e composição do leite de vacas alimentadas com diferentes teores de ureia na cana de açúcar (base na matéria natural)

Itens	Teores de ureia na cana de açúcar (% MN) ¹				CV ² (%)	Valor P	
	0,00	0,40	0,80	1,20		L ³	Q ⁴
Leite, <i>kg/dia</i>	12,86	12,50	13,00	11,97	9,18	0,1676	0,3393
LCG, <i>kg/dia</i>	13,63	12,85	12,57	12,22	14,79	0,1002	0,7141
Gordura, %	3,85	3,62	3,49	3,67	13,64	0,3388	0,2081
Proteína, %	3,47	3,40	3,46	3,44	7,68	0,9123	0,7237
Lactose, %	4,35	4,40	4,23	4,42	4,41	0,8790	0,2470
EST, %	12,73	12,65	12,37	12,75	5,44	0,8265	0,3093
ESD, %	8,87	9,03	8,89	9,08	3,47	0,2853	0,8435

¹MN= % de ureia na matéria natural da cana de açúcar; ²CV= Coeficiente de variação; ³L= Probabilidade para o efeito linear; ⁴Q= Probabilidade para efeito quadrático.

Adaptado de Santiago et al. (2008)

Resultados semelhantes também foram obtidos por Cabrita et al. (2003), que não encontraram diferenças ($P > 0,05$) ao utilizarem até 1,0% de ureia na MS total da dieta em substituição ao farelo de soja nos concentrados, nos quais a silagem de milho foi o principal volumoso. De modo similar, Dunlap (2000) e Davidson et al. (2003) também não relataram diferenças na produção de leite ao utilizarem dietas com diferentes teores de ureia na MS do concentrado (0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%).

Por outro lado, estudos de Oliveira et al. (2004) comprovaram efeito linear negativo de teores crescentes de ureia sobre a produção do leite de vacas alimentadas com dietas à base de cana de açúcar, que nesses casos, foi explicado pela diminuição do consumo de MS.

Em trabalho mais recente, Filgueiras Neto et al. (2009) avaliaram o efeito da substituição parcial de farelo de soja por ureia de liberação controlada ou não de dietas com cana de açúcar como volumoso exclusivo. Não houve diferença para o consumo de MS, produção de leite, produção de leite corrigida para 3,5% de gordura ou para sólidos totais entre os tratamentos (Tabela 17). Segundo esses autores, a substituição parcial do farelo de soja pela ureia convencional ou de liberação controlada não afetou o desempenho animal para as variáveis pesquisadas.

A utilização de cana de açúcar para vacas leiteiras com produção acima de 20 kg de leite parece ser alternativa viável tecnicamente, baseado nos dados de produção e composição do leite. Contudo, qual o melhor teor de ureia a ser adicionado na matéria natural da cana de açúcar para vacas com essa produção ainda não está determinado.

Tabela 17. Médias diárias de consumo de matéria seca, produção de leite, leite corrigido para 3,5% gordura (LCG 3,5%) ou leite corrigido para sólidos totais (LCST) em vacas leiteiras suplementadas com fontes de nitrogênio não proteico com diferentes degradabilidades ruminais

Variável*	Tratamento			EP ¹	Valor P ²	
	Controle	ULC	Ureia		PERI	TRAT
Consumo, <i>kg MS</i>	21,54	22,98	22,03	0,50	0,702	0,141
Produção leite, <i>kg</i>	28,34	28,52	27,66	5,68	0,010	0,496
LCG 3,5%, <i>kg</i>	26,36	27,35	26,29	6,33	0,004	0,375
LCST, <i>kg</i>	26,63	27,34	26,43	5,49	0,002	0,469

*MS: matéria seca; LCG: leite corrigido para 3,5% de gordura [(0,35 x produção de leite) + (16,2 x produção de gordura)]; LCST: leite corrigido para sólidos totais [(12,3 x produção de gordura) + (6,56 x extrato seco desengordurado) - (0,0752 x produção de leite)]. ¹EP= Erro padrão; ²Probabilidade em nível de período experimental (PERI) e tratamentos (TRAT)

Adaptado de Filgueiras Neto et al. (2009)

De acordo com dados da literatura em relação à produção e composição do leite, o teor de inclusão de ureia ideal na dieta ainda não está bem definido e os dados são variados (Tabela 18). Fato este, que pode ser atribuído a diferentes produções e categoria animal, tipo de volumoso utilizado e relação volumoso:concentrado.

Segundo Nussio et al. (2006), desequilíbrios na composição do leite produzido por vacas alimentadas com dietas contendo cana de açúcar, frequentemente associados à presença desse volumoso, provavelmente se devem mais ao desbalanceamento de nutrientes do que a uma característica intrínseca a essa fonte de forragem.

7. Concentração plasmática de ureia, glicose e insulina em dietas à base de cana de açúcar

Ureia é a forma primária de excreção de nitrogênio de todos os mamíferos. A concentração de nitrogênio ureico no sangue tem sido utilizada como indicador da eficiência de utilização de proteína bruta da dieta de ruminantes (Broderick e Clayton, 1997). A ureia produzida no organismo equilibra rapidamente com os fluidos corporais, incluindo o leite, que reflete diretamente a concentração de nitrogênio ureico no sangue.

Matarazzo et al. (2006) avaliaram o efeito da substituição de farelo de soja por quatro teores diferentes de ureia (0; 1,0; 1,5 e 2,0%, na matéria natural) na dieta de vacas Holândes constituídas de cana de açúcar como volumoso exclusivo. A concentração plasmática de ureia diferenciou ($P < 0,05$) entre as dietas, sendo que os valores médios encontrados para a dieta com 1,5% (36,54mg dL) e 2,0% (42,04mg dL) não diferiram entre si. No entanto foram superiores às que receberam 0% (19,21mg/dL) e 1,0% (25,38mg dL).

Oliveira et al. (2004) utilizaram quatro teores de ureia, 0; 0,7; 1,4 e 2,1%, (0,0; 116,0; 221,0 e 302,6 g de ureia), na matéria seca total das dietas de vacas leiteiras Holândes x Zebu alimentadas com 60% de silagem de milho e 40% de concentrado. As concentrações de NNP das dietas não influenciaram ($P > 0,05$) os teores plasmáticos médios de ureia e N-ureico (Tabela 19).

Tabela 19. Teores plasmáticos de ureia e N-ureico plasma, de vacas leiteiras com teores crescentes de ureia na dieta

Item	Concentrações de ureia (%) ¹				CV ²	Valor P ³	
	0,0	0,7	1,4	2,1		L	Q
Ureia plasma (mg/dL)	45,52	41,75	55,34	42,70	17,54	NS	NS
N-ureico plasma, (mg/dL)	21,21	19,46	25,79	19,90	17,54	NS	NS

¹% de ureia na matéria seca total da dieta; ² CV= coeficientes de variação (%); ³probabilidades (P) referentes aos efeitos linear (L) e quadrático (Q).

Adaptado de Oliveira et al. (2004)

Vilela et al. (2007) avaliaram o efeito da substituição do farelo de soja pela amireia 150 S sobre os níveis plasmáticos de ureia e glicose. Foram utilizadas doze vacas Girolando, com média de produção de 13,5 kg de leite. Utilizou-se cana de açúcar como volumoso exclusivo e os tratamentos constituíram da substituição de 0, 33, 66 e 100% de farelo de soja por ureia. As concentrações plasmáticas de glicose e ureia não foram afetadas (Tab. 20).

Tabela 20. Concentrações de glicose e ureia no sangue em função dos níveis de amireia na dieta

Teores de amireia (%)	Glicose (mg/dL)	Ureia (mg/dL)
0	58,28	14,97
33	56,92	14,89
66	58,53	17,36
100	59,72	17,22
CV	9,50	24,57

Adaptado de Vilela et al. (2007)

A concentração de glicose sanguínea apresenta pouca variação, devido aos mecanismos homeostáticos do organismo; em função disto, a dieta não apresenta grande influência sobre a concentração de glicose, exceto em condições de desnutrição exacerbada (Kaneko et al.,1997).

Mendes et al. (2010) avaliaram o efeito da substituição parcial de farelo de soja por ureia ou amireia na alimentação de cabras leiteiras sobre a concentração plasmática de glicose e nitrogênio ureico. As dietas experimentais foram compostas de 40% de silagem de milho e 60% de concentrado e diferiram apenas em relação às fontes nitrogenadas (farelo de soja, farelo de soja + 2,8% de amireria ou farelo de soja + 1,5% de ureia. A concentração de glicose não foi alterada pelas diferentes fontes de nitrogênio. Entretanto, a concentração de nitrogênio ureico do plasma após a quarta semana de coleta foi menor nos animais que receberam apenas farelo de soja.

A insulina é hormônio importante em vários processos metabólicos no corpo. A taxa de insulina/glucagon dita à deposição e mobilização de certos nutrientes no tecido corporal (Murray et al., 1994). No entanto, as ações da insulina em ruminantes parecem possuir menor magnitude quando comparadas aos efeitos que esta apresenta nos monogástricos (Herdt, 1992).

A captação e utilização de glicose pelos tecidos periféricos são estimuladas pela insulina, possuindo este hormônio então efeitos sobre o metabolismo de carboidratos, lipídeos e aminoácidos (Murray et al., 1994).

Em ruminantes, a insulina parece promover a menor taxa de exportação hepática de glicose. No tecido adiposo, a insulina estimula a utilização de glicose e acetato para a síntese de triglicerídios, ao mesmo tempo em que suprime a liberação dos AGNE. Em outros tecidos, a insulina promove a utilização de glicose e a incorporação dos aminoácidos às proteínas (Herdt, 1992).

Não foi encontrado nenhum trabalho em que foi avaliado o efeito da inclusão de ureia na matéria natural da cana de açúcar sobre a concentração plasmática de insulina.

8. Parâmetros ruminais de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar

As condições de ambiente ruminal devem ser mantidas dentro de certos limites, para que o crescimento e metabolismo microbiano sejam normais. A faixa de pH para que haja atividade microbiana normal no rúmen é de $6,7 \pm 0,5$ (Van Soest, 1994). Valores de pH abaixo de 5,8, caracterizando acidose ruminal subclínica alteram as condições normais do rúmen. As consequências podem ser a redução da digestão da fibra, variação no consumo de MS, depressão da gordura do leite, laminites, entre outras.

A fermentação ruminal, em dietas contendo cana de açúcar corrigida com ureia caracteriza-se por apresentar pH considerado alto e estável, o que é atribuído à intensa salivagem dos animais (Leng e Preston, 1976). As dietas com cana de açúcar, conforme verificado por Valvasori et al. (1998), apresentam alta concentração de protozoários; deste modo, a estabilização de pH no rúmen também se deve à rápida assimilação dos carboidratos solúveis por esses microrganismos, contribuindo, assim, para garantir a integridade funcional do rúmen.

O ecossistema microbiano do rúmen é alterado profundamente de acordo com a composição do alimento consumido pelo animal. A fermentação dos alimentos pelos microrganismos, além de liberar energia e compostos nitrogenados para seu próprio crescimento, produz também ácidos graxos voláteis (AGV), os quais são as principais fontes de energia para o animal hospedeiro (Nocek, 1997).

A concentração de amônia no rúmen é função das taxas relativas de entrada e remoção de amônia. A amônia entra no rúmen a partir de inúmeras fontes, incluindo a fermentação de alimentos, fragmentos de células lisadas, proteína endógena, compostos nitrogenados solúveis diversos (ureia endógena, ácidos nucleicos, ácido úrico e nitrato). O nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) é removido do rúmen pela absorção através de sua parede e pelo fluido ruminal passando para outras porções do trato digestivo (Leng e Nolan, 1984).

As concentrações de amônia no rúmen são frequentemente utilizadas como indicadoras do metabolismo dos compostos nitrogenados, com particular referência à degradação da proteína (Ezequiel et al., 2002), sendo a amônia, a principal fonte de nitrogênio para a síntese de proteína pelos micro-organismos ruminantes. Sua concentração é indicador da eficiência nos processos de síntese microbiana, e de sincronização entre as taxas de digestão de carboidratos e proteína (Poddi e McLennan, 1995).

Nas últimas décadas, várias pesquisas foram realizadas com o objetivo de determinar a concentração ótima de nitrogênio amoniacal para que ocorra a máxima síntese de proteína microbiana. Figueira et al. (1993) mencionaram que a concentração de N-NH₃ no rúmen poderia diferir de acordo com as características da fermentação: 5mg/dL para o máximo crescimento microbiano e 23,5 mg/dL para máxima fermentação. Rodriguez et al. (1993) registraram, para bovinos alimentados com cana de açúcar e suplementados com farelo de algodão e concentrações crescentes (1,0, 1,5 e 2,0%) de ureia na dieta, valores maiores aos sugeridos por Figueira et al (1993) que foram de 25,21; 34,93 e 46,05 mg de N-NH₃/dL, respectivamente. Alguns autores, dentre eles Leng e Nolan (1984), Magalhães (2001), Mendonça (2002) e Sousa (2003) encontraram valores de 15,0 a 20,0 mg/dL de N-NH₃ no rúmen em dietas a base de cana de açúcar corrigida com fonte de nitrogênio não proteico. Outro aspecto importante para ser citado baseia-se nas afirmações de Russell et al. (1992), onde bactérias ruminais podem ser divididas em dois grandes grupos: 1) fermentadoras de carboidratos estruturais (FCE), que não hidrolisam a proteína até amônia (N-NH₃), mas tem nesse composto sua única fonte de N para crescimento microbiano. São bactérias que utilizam como principal fonte de substrato energético a celulose, e como importante fator de crescimento, os aminoácidos e ácidos graxos de cadeia ramificada; 2) fermentadoras de carboidratos não-estruturais (FCNE), que hidrolisam a proteína até aminoácidos e N-NH₃, para utilização própria ou como interface para aquele primeiro grupo de bactérias. Seu principal substrato energético é o amido e outros carboidratos de reserva da célula vegetal. Portanto, torna-se incoerente a utilização de cana de açúcar enriquecida com mistura sulfonitrogenada para vacas leiteiras do ponto de vista de microbiologia do rúmen, pois tal dieta não forneceria satisfatório substrato energético para uma das mais importantes populações do rúmen, a celulolítica (bactérias do grupo das FCE), devido à baixa degradabilidade ruminal da FDN no rúmen. Além do mais, o fornecimento quase exclusivo de N vindo da mistura sulfonitrogenada, uma vez que a cana de açúcar é pobre em PB, não forneceria fatores de crescimento (ácidos graxos de cadeia ramificada) para a população de bactérias FCE e nem aminoácidos pré-formados para ambas as populações, principalmente para as bactérias FCNE. Portanto, tal abordagem microbiológica do ambiente ruminal deve ser considerada nos estudos com vacas leiteiras alimentadas com cana de açúcar e misturas sulfonitrogenadas.

Rodriguez et al. (1993) verificaram maior concentração de AGV total e de acetato no rúmen para dietas com cana de açúcar suplementadas com 1,5 ou 2,0% de ureia comparado àquela com apenas 1%, sugerindo que nestas concentrações, ocorreu maior atividade microbiana no rúmen.

Matarazzo et al. (2006) avaliaram o efeito da substituição de farelo de soja por ureia, na dieta de vacas leiteiras à base de cana de açúcar, sobre a fermentação ruminal. Os teores de ureia utilizados foram 0% (0%UR); 1,0% (1,0%UR); 1,5% (1,5%UR) e 2,0% (2,0%UR) na MN da cana de açúcar. O consumo médio diário de MS foi maior ($P<0,05$) para o tratamento 0% UR (7,76kg MS/dia) em relação aos demais (4,94; 4,53 e 4,02kg MS/dia), respectivamente, para 1%, 1,5% e 2,0%UR. Para o pH, concentrações de AGV totais, porcentagem de ácidos acético, propiônico, relação ácido acético:propiônico e concentrações de N-NH₃ verificou-se efeito quadrático ($P<0,05$) durante os períodos de

coleta. Foram observadas também diferenças ($P < 0,05$) para as concentrações de N-NH₃ e ureia plasmática (Tabela 21).

Tabela 21. Valores médios de pH, concentrações de ácidos graxos voláteis totais (AGV totais), porcentagens de ácidos acético (C₂), propiônico (C₃), butírico (C₄), relação acético:propiônico (C₃:C₂), concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ureia plasmática (UR_{plasma}) de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar enriquecidas com teores crescentes de ureia na matéria natural

Itens	Dietas experimentais ¹				Efeito ²	
	0% UR	1,0% UR	1,5% UR	2,0% UR	L	Q
pH	6,98	7,09	7,07	7,16	NS	*
AGV totais, mg/dL	96,69	86,37	90,69	88,29	NS	*
C ₂ , %	63,26	61,23	61,55	62,00	NS	*
C ₃ , %	22,71	24,02	24,62	23,27	NS	*
C ₄ , %	09,77	10,09	10,41	09,0	NS	NS
C ₂ :C ₃	02,88	02,59	02,54	02,88	NS	*
N-NH ₃ , mg dL	8,22 ^b	7,54 ^b	15,67 ^a	17,89 ^a	NS	*
UR _{plasma} , mg dL	18,25 ^b	24,88 ^b	36,54 ^a	42,04 ^a	NS	NS

Médias seguidas de letras minúsculas distintas nas linhas indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey; ¹% de ureia na MN da cana de açúcar; ²Efeito L= linear; Q= quadrático; NS= não significativo ($P > 0,05$); *=dieta que apresentou efeito ($P < 0,05$).

Adaptado de Matarazzo et al. (2006)

Em alguns trabalhos (Guidi, 1999 e Imaizumi, 2000) não foram observadas diferenças nos valores de pH ruminal de animais alimentados com farelo de soja ou ureia. Entretanto, Carmo et al. (2005) observaram valores de pH maiores para dietas com farelo de soja e ureia comparados ao tratamento em que se utilizou amireia. Já as dietas com ureia e amireia resultaram em valores mais elevados ($P < 0,05$) de N amoniacal no rúmen em comparação à dieta com farelo de soja apenas (Tabela 22). Nesse mesmo estudo não foi verificado nenhum efeito do tratamento sobre a concentração molar total de AGV, porcentagem de ácido acético, propiônico e butírico e proporção ácido acético:propiônico.

Tabela 22. Concentrações médias de nitrogênio amoniacal, pH ruminal e concentrações de ácidos graxos voláteis total (AGV total) em dietas com farelo de soja, amireia e ureia como fonte proteica

	FS ¹	A150S ¹	U ¹	P< ²	EPM ³
N-NH ₃ (mg/dL)	7,96 ^b	10,87 ^a	10,06 ^a	0,0362	1,4654
pH	5,98 ^a	5,81 ^b	6,00 ^a	0,0341	0,0874
AGV total (mM)	172,82	155,77	151,95	0,1956	7,5346

¹FS= farelo de soja, A150S= amireia, U= ureia; ²P< = probabilidade do efeito significativo entre os tratamentos; ³EPM= erro padrão da média

Adaptado de Carmo et al. (2005)

Matos et al. (2003) pesquisaram o efeito dos níveis de consumo e ureia sobre os parâmetros ruminais de bovinos Holandês x Zebu. Os consumos foram de 52,50 (nível baixo) e 78,75 (nível alto) g de MS por quilograma de peso metabólico ($PV^{0,75}$) e os níveis de ureia de 1,0 e 1,5%, na matéria natural. Os valores de pH foram menores nos animais

submetidos ao alto nível de ingestão com 1% de ureia. A concentração média de amônia ruminal foi maior ($P<0,05$) nos animais que receberam nível alto de ingestão com 1,5% de ureia. As produções de ácidos acético e propiônico foram maiores ($P<0,05$) nos animais submetidos ao nível alto de ingestão e não diferiram entre os níveis de ureia (Tabela 23).

Tabela 23. Valores médios de pH, proporção molar dos ácidos acéticos, propiônico e butírico no líquido ruminal de vacas submetidas a dois níveis de consumo de MS e ureia

Itens	Dieta experimental			
	1% de ureia + consumo de manutenção baixo	1% de ureia + consumo 50% acima manutenção	1,5% de ureia + consumo de manutenção baixo	1,5% de ureia + consumo 50% acima manutenção
pH	6,70 ^a	6,52 ^b	6,67 ^a	6,58 ^{ab}
N-NH ₃ (mg/100 ml)	14,81 ^b	17,42 ^b	18,31 ^b	24,24 ^a
Acetato (%)	58,73	55,59	58,87	59,12
Propionato (%)	30,84 ^{ab}	32,32 ^a	28,82 ^b	30,37 ^{ab}
Butirato (%)	10,38 ^b	11,59 ^a	12,31 ^a	10,51 ^b

^{ab}Médias com letras diferentes diferem significativamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Adaptado de Matos et al. (2003)

De acordo com os resultados observados acima, dietas à base de cana de açúcar apresentam pH estável e alcalino. A inclusão de diferentes teores de ureia pode afetar a concentração N-NH₃, sendo que a concentração ideal para maximizar a síntese de proteína microbiana controverso. Fato este, que pode ser explicado pela diferença na fermentação dos ingredientes da dieta.

9. Micro-organismos do rúmen de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana de açúcar

Os ruminantes alimentam-se basicamente de alimentos fibrosos, o que, evolutivamente, os levaram a desenvolver grande capacidade ingestiva acompanhada por simbiose com micro-organismos que fazem digestão da fibra celulolítica, obtendo-se desta forma, a principal fonte de energia para seu crescimento, produção e reprodução.

O rúmen contém complexa mistura de partículas alimentares e de microrganismos: bactérias, protozoários ciliados e flagelados, fungos, micoplasmas e bacteriófagos, os quais estabelecem entre si diversas interações. As bactérias e os protozoários ciliados representam, na maior parte das condições, os componentes mais importantes da população microbiana.

Para que cresçam com eficiência, os micro-organismos ruminais necessitam de fontes de energia, nitrogênio e aminoácidos disponíveis ao mesmo tempo no rúmen. À medida que aumenta a disponibilidade dos carboidratos, mais nitrogênio e proteína podem ser utilizados para a síntese de proteína microbiana. Para que se consiga a sincronia perfeita entre as disponibilidades das fontes de carboidratos e proteínas, é preciso fornecer aos animais quantidades corretas desses nutrientes.

Assim, conhecer a população microbiana e as interações entre elas é importante para entender o metabolismo do nitrogênio no rúmen. A estrutura da proteína é fator chave do seu metabolismo no rúmen, pois determina a susceptibilidade às proteases microbianas e, por consequência, a sua degradabilidade (Bach et al., 2005). Por sua vez, a degradabilidade da proteína dietética, assim como a absorção de peptídeos e da amônia resultantes, são fatores determinantes na eficiência de utilização do nitrogênio, e dessa forma, na quantidade de proteína microbiana e proteína “bypass” que estarão disponíveis para o animal (Mackie e White, 1990).

9.1 Protozoários do rúmen

Os protozoários encontram-se presentes em menor concentração, com mais de 100 diferentes espécies já identificadas, mas, por serem de maior tamanho, podem compreender a metade da massa microbiana total e ser responsáveis por parte da digestão dos carboidratos complexos da parede celular das plantas.

Os protozoários do rúmen foram detectados nos animais domésticos desde o século XIX por Gruby e Delafond (1843). Nenhum trabalho foi feito por várias décadas. Somente em 1920 que foi dada atenção significativa novamente aos protozoários ruminais.

Os protozoários, além de realizarem a predação da população bacteriana, utilizando aminoácidos das bactérias para a síntese de suas proteínas, competem por substratos, o que influi no fluxo de nitrogênio no organismo do ruminante (Swenson e Reece, 1996). Em situações experimentais, a defaunação resulta em maior eficiência na síntese e no fluxo de proteína microbiana (Koenig et al., 2000). Isso porque, há redução na degradação da proteína, deixando grande parte da proteína dietética para sofrer digestão no intestino (Swenson e Reece, 1996).

A maior parte dos protozoários do rúmen são ciliados e dividem-se em dois grupos dependendo de características morfológicas: os Entodiniomorfs, que ingerem preferencialmente partículas insolúveis suspensas no fluido ruminal e estão presentes em maior número quando a dieta é a base de forragem, e os Holotriquiás, que têm maior capacidade de ingerir materiais solúveis e grânulos de amido, que também estão presentes em maior número quando a dieta é rica em grãos de cereais. Os protozoários podem ser classificados como utilizadores de açúcar, os que degradam amido, e os que hidrolisam lignina e celulose (Ogimoto e Imai, 1981).

Os ciliados do rúmen participam com mais de 40% do nitrogênio microbiano total do conteúdo do órgão e mais de 60% dos produtos de fermentação microbiana (Hungate, 1966). A quantidade e diversidade são influenciadas pelas dietas ingeridas, pelo pH do conteúdo ruminal, estando presentes em menor quantidade quando a dieta é composta por grande proporção de concentrado que gera um ambiente mais ácido, e pelas relações que estabelecem entre si e com a população bacteriana (Arcuri et al., 2006). Normalmente, os micro-organismos mais adaptados ao meio apresentam alta taxa de divisão celular.

Os protozoários Holotriquiás são representados por 15 diferentes gêneros no rúmen dos animais. Entre esses gêneros, *Isotricha*, *Dasytricha*, *Buestchilia* e *Charonina* são amplamente distribuídos no rúmen de ruminantes domésticos e selvagens. O perfil enzimático de protozoários Holotriquia indica que eles têm amilase, invertase, esterase, pectina e poligalacturonase podendo utilizar suficientes quantidades de amido, pectina e

açúcar solúvel como fonte de energia. As enzimas responsáveis pela degradação de celulose e hemicelulose têm sido reportadas em protozoários Holotriquia, mas os níveis são baixos comparados com os protozoários Entodiniomorfos (Willians e Coleman, 1991). Todos os protozoários utilizam bactérias como principal fonte de aminoácidos e de ácidos nucleicos, sendo que o engolfamento é mais intenso em dietas ricas em grãos. Em dietas ricas em forragens, as bactérias constituem sítios de aderência e dificultam o engolfamento pelos protozoários (Kozloski, 2002).

O material ingerido pelos protozoários é digerido em vacúolos presentes no interior do protoplasma. Grânulos de amido ingeridos são digeridas mais lentamente comparados às bactérias, limitando a queda do pH ruminal. Entretanto, o excesso de ingestão de amido pode matar a célula (Willians et al., 1993).

Assim como ocorre com as bactérias, os carboidratos são fermentados até ácidos graxos voláteis, CO₂ e metano. Os protozoários são ativos fermentadores de lactato, contribuindo, desta forma, para que o efeito depressivo do pH ruminal em dietas ricas em amido seja minimizado (Willians et al., 1993).

No caso de proteínas, mais da metade daquelas digeridas são excretadas novamente para o fluído ruminal na forma de amônia, aminoácidos e peptídeos (Kozloski, 2002).

Os protozoários são, ainda, ativos na biohidrogenação de ácidos graxos insaturados. A maior parte dos protozoários são reciclados no interior do rúmen, não saindo para o abomaso (Willians et al., 1993).

O benefício dos protozoários para os ruminantes é controverso. Alguns estudos demonstram melhora na digestibilidade e no ganho de peso de bovinos quando se tem protozoários no rúmen. Porém, outros estudos sugerem que os protozoários não realizam função específica que seja essencial para ruminantes (Church, 1993).

Entretanto, alguns efeitos da defaunação na performance do animal são observados como a não estabilização do pH no rúmen na ausência de protozoários ciliados e, portanto, baixo pH é sempre observado. Além disso, aumento nas concentrações de ácidos láctico e propiônico no líquido ruminal e diminuição de amônia, redução da metanogênese, aumento no número de bactérias e fungos no líquido (Acuri, 2006).

Os protozoários têm assumido papel importante em dieta à base de cana de açúcar. Lopes et al. (2002) concluíram que os protozoários isotriquídeos digerem rapidamente os carboidratos solúveis, convertendo-os em amido, quando ruminantes são alimentados com dietas ricas em açúcares.

Quanto ao efeito dos nutrientes da dieta sobre a população de ciliados, Coelho et al. (2003) relataram que componentes energéticos e nitrogenados são fatores essenciais que determinam a concentração da população do rúmen, podendo prolongar o tempo de sobrevivência dos ciliados em, aproximadamente, 30%. Matos et al. (2008) observou que em ovinos recebendo duas dietas baseadas em cana de açúcar, uma suplementada com ureia e a outra com proteína oriunda do farelo de soja, a população de ciliados foi mais elevada no tratamento com ureia, principalmente de ciliados do gênero *Entodinium*.

Já Nogueira Filho et al. (1999) chegaram à conclusão que a ureia adicionada a dietas dos ruminantes age diretamente nas divisões celulares dos pequenos ciliados, notadamente os do gênero *Entodinium*, aumentando sua população.

Alguns trabalhos (Nogueira Filho et al., 1999; Coelho et al., 2003) utilizaram cana de açúcar como volumoso exclusivo da dieta e avaliaram o efeito desta forragem sobre a população total de protozoários. Porém, é escassa a existência de trabalhos que avaliaram o efeito dos nutrientes da cana de açúcar sobre o metabolismo dos micro-organismos ruminais.

10. Viabilidade econômica da utilização de dietas a base de cana de açúcar

A produção de leite no Brasil passa por grande transformação em virtude da nova realidade econômica mundial, com a adoção de modernas tecnologias que visam ao crescimento da produtividade. Essa modernização tem sido decisiva para que a atividade leiteira passe de modelo extrativista para modelo competitivo e sustentável.

Entender os sistemas de produção apenas como modelos fornecedores de matéria-prima, desconectados de outros processos de transformação, não mais se justifica. É imperativo adquirir a visão sistêmica em todas as fases dos processos de produção, ser eficiente, e assim fornecer a relação custo/benefício e, dessa forma, permanecer competitivo.

A adequação de tecnologias e a busca incessante de métodos alternativos em que se tenha, não apenas a eficiência produtiva, mas acima de tudo a eficiência econômica, torna a pecuária de leite cada vez mais competitiva. Nesse contexto os novos sistemas de desenvolvimento são caracterizados com modelos com tecnologias que se baseiam nos princípios de sustentabilidade.

Com esse intuito, atualmente tem-se enfatizado a utilização de volumosos alternativos e subprodutos na alimentação de bovinos. Os volumosos têm participação importante na composição da dieta, uma vez que podem representar até 80% da matéria seca de rações de diversas categorias que compõem o rebanho leiteiro. Além disso, a qualidade do volumoso pode influenciar na quantidade do suplemento concentrado.

A cana de açúcar é um volumoso que tem se destacado na alimentação de bovinos, em razão do baixo custo por unidade de matéria seca produzida e, conseqüentemente, do melhor desempenho econômico em comparação a outras forrageiras, dependendo da categoria animal (Costa, 2005).

Trabalhos recentes comprovam a possibilidade do uso de cana de açúcar como volumoso para vacas leiteiras de maior potencial de produção em função dos índices produtivos e econômicos obtidos (Souza, 2003; Magalhães et al., 2004 e Mendonça et al., 2004).

Com o objetivo de ilustrar as vantagens econômicas do balanceamento de rações contendo cana de açúcar em relação às convencionais contendo silagem de milho, Nussio et al. (2006) apresentaram simulação de consumo e desempenho de animais com base nas exigências e predição de desempenho geradas pelo NRC (2001). Para essa simulação foi utilizado o custo de R\$ 110,00/t de MS de cana de açúcar e R\$ 300,00/t de MS de silagem de milho. A composição dos ingredientes volumosos utilizados para a referida simulação considerou para cana-de-açúcar: 30% MS, 61% NDT, 57% FDN, 6,3% Lig, 2,5% PB e, para a silagem de milho: 33% MS, 66% NDT, 50% FDN, 7,0 % PB. As rações contendo cana de açúcar apresentaram menor inclusão média de volumoso (47% da MS) que aquelas com silagem de milho (60% da MS), comparando-se as simulações para animais de produções leiteiras entre 15 e 45 litros por dia. Os valores observados nessa simulação estão apresentados na Figura 3.

Com relação à comparação econômica entre as dietas, foi constatado que as formulações contendo cana de açúcar resultaram em custo médio menor (74,5%) que aquelas com base em silagem de milho. A amplitude variou de 62,9% até 82,7% em relação às dietas formuladas para vacas entre 15 e 45 L de leite por dia. Essa tendência foi determinante de maior receita líquida média (28,2%) nas rações que continham cana-de-açúcar, com respostas distribuídas entre 65,5% e 11,6%, conforme a produção foi aumentada.

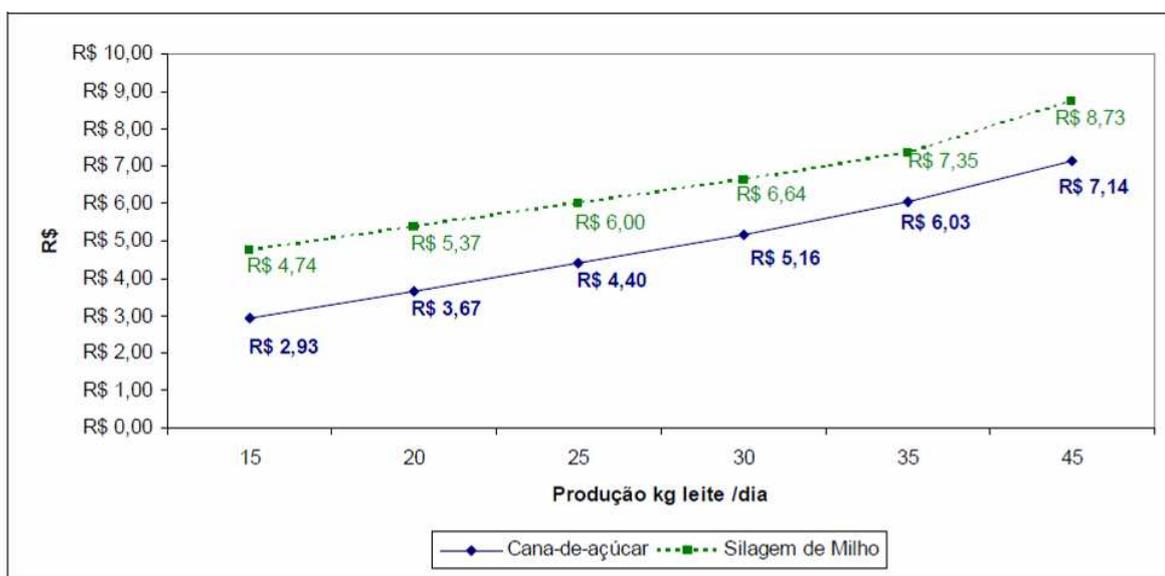


Figura 3. Simulação do custo da ração total dia com uso de cana de açúcar ou silagem de milho para vacas leiteiras com produções crescentes
Adaptado de Nussio et al. (2006)

Segundo Valadares Filho et al. (2002), a principal limitação da cana de açúcar é a redução de consumo, ocasionada, principalmente, pela baixa digestibilidade da fibra, uma vez que seu teor médio em FDN é menor que o da silagem de milho (47 vs 60%). Nesta situação, a saída para a utilização da cana de açúcar para vacas de média a alta produção poderia ser a redução de seu uso na dieta e aumento da participação de concentrado. Desta forma, estas mudanças poderiam proporcionar maiores aportes de matéria orgânica digestível, o que promoveria aumento na concentração de energia para atender as exigências do animal. Todavia, o custo do concentrado geralmente é alto e elevadas proporções na dieta podem não ser economicamente viáveis.

Associado as fontes alternativas de volumosos, a busca por estratégias de fontes proteicas para serem utilizados na dieta de ruminantes sem interferir negativamente na produção e diminuir os custos é constante motivo de pesquisas. A utilização de fontes de nitrogênio não proteico, dentre os quais a forma mais comum é a ureia, tem demonstrado ser alternativa interessante nos parâmetros produtivos, contudo, poucos são os dados nacionais de viabilidade econômica.

Segundo Nussio e Schmidt (2005), a adição de 1% da ureia mais sulfato de amônia (92.1) à cana de açúcar representa 26,86% do custo total da tonelada de matéria seca da cana corrigida no cocho, indicando dessa forma que o desperdício não seria recomendável. Preston (1977) recomendou método simples de se estimar o nível de ureia a ser adicionado

à cana pela fórmula: ureia na cana de açúcar (g ureia / Kg de cana *in natura*) = $0,6^\circ \text{Brix}$ ($94,8 - 1,12^\circ \text{Brix}$) / ($100 - ^\circ \text{Brix}$). O nível de 1% corresponde a 17°Brix . Considerando a evolução no rendimento em açúcar das novas variedades de cana utilizadas pelas indústrias de açúcar (Barbosa, 2004), que estão disponíveis para o uso pelos criadores de bovinos, talvez hoje, a necessidade de adição de ureia seria, não menor, mas, maior que 1%, isto é, 1,15 a 1,25%. Se isto for verdade, é economicamente benéfico aos criadores. Contudo, nos últimos anos, o preço da ureia está em elevação. Desta forma, é primordial que os indicadores econômicos sejam avaliados juntamente com os produtivos.

Sousa (2003) trabalhando com vacas com média de produção de 25 kg/dia avaliou o efeito da substituição parcial de cana de açúcar por caroço de algodão, sendo um tratamento com silagem de milho como volumoso e três tratamentos com cana de açúcar como volumoso substituído em parte pelo caroço de algodão nos teores de 0%, 7% e 14% na matéria seca total, respectivamente. Todas as dietas seguiram a relação volumoso:concentrado de 60:40. Os resultados obtidos mostraram produções de leite próximas de 20 kg/dia para os tratamentos com cana de açúcar. Após analisar a economicidade da dieta, o autor concluiu que a cana de açúcar como volumoso único foi o que apresentou o pior resultado dentre os tratamentos.

Em contrapartida, Mendonça et al. (2004), ao avaliarem diferentes formas de utilização da cana de açúcar, como volumoso único na dieta de vacas leiteiras produzindo 22 kg/leite/dia, em relação à silagem de milho utilizada na relação 60:40, encontraram redução no consumo e na produção de leite. Entretanto, no tratamento em que utilizou cana de açúcar corrigida, na relação volumoso:concentrado de 50:50, a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura foi similar à produção obtida com dieta à base de silagem de milho, entretanto, com pequena variação negativa do peso vivo. Todavia, na avaliação da economicidade do uso da cana de açúcar corrigida esse tratamento apresentou margem bruta semelhante à da dieta à base de silagem de milho, em função da necessidade de aumentar a participação do concentrado em dietas à base de cana de açúcar corrigida. O uso de cana de açúcar, fornecida a animais na relação 60:40 resultou em pior desempenho animal, inclusive com variação de peso corporal negativa.

Costa (2005) avaliou a resposta de vacas lactantes (19 kg/leite/dia) alimentadas com cana de açúcar em diferentes proporções ou silagem de milho. As dietas experimentais foram compostas de silagem de milho como volumoso na proporção de 60% ou à base de cana de açúcar corrigida com 1% da mistura ureia+sulfato de amônio (9:1), nas proporções de 60, 50 e 40%. Ao avaliar os saldos por litro, por vaca e por hectare sem levar em consideração a variação de peso vivo, o maior saldo por litro foi para a dieta com 60% de cana de açúcar, decrescendo com o aumento da participação de concentrado nas dietas (Tabela 24). Oliveira (2001) encontrou valores de produção semelhantes quando comparou dietas à base de silagem de milho, na relação volumoso:concentrado de 60:40, e dietas à base de cana de açúcar corrigida com 1% de ureia, na relação 40:60. Quanto aos dados econômicos, o tratamento à base de silagem de milho teve maior margem bruta por litro de leite produzido. Contudo, o uso da cana de açúcar aumentou a margem bruta por hectares em relação à silagem de milho, indicando dessa forma, ser opção viável quando a quantidade de terra do sistema é fator limitante.

Assim, atualmente faz-se necessário uma avaliação no sentido de testar cana de açúcar com diferentes teores de ureia em dietas à base de cana de açúcar para vacas em lactação de maior potencial de produção.

Tabela 24. Custos com alimentação e saldo por litro e por vaca, com e sem variação de peso vivo (PV) para as dietas experimentais

Volumosos Porcentagem volumoso	Silagem de milho 60%	Cana de açúcar + 1% de ureia/SA		
		60%	50%	40%
1. Preços de produtos e insumos				
Preço do leite (R\$/litro) ¹	0,47	0,47	0,47	0,47
Preço da carne (R\$/kg) ⁴	1,40	1,40	1,40	1,40
Preço do concentrado.(R\$/kg) ²	0,56	0,54	0,51	0,49
Preço do vol (R\$/kg) ³	0,046	0,026	0,026	0,026
2. Resultados de produção				
Produção de leite (kg /dia)	20,81	16,90	18,82	19,78
Varição de PV (kg/dia)	0,287	-0,562	-0,010	0,312
3. Consumo das dietas (Matéria natural)				
Cons. Vol (kg/dia)	36,63	34,35	30,99	28,66
Cons. Concentrado (kg/dia)	8,99	7,20	9,79	13,48
Cons. Total (kg/dia)	45,63	41,55	40,77	42,14
4.1 Valores de produção				
4.1.1 Valor da produção diário (R\$/litro)	0,47	0,47	0,47	0,47
4.1.2 Valor em carne (R\$/litro)	0,019	-0,046	-0,0001	0,022
4.1.3 Valor total (R\$/litro)	0,489	0,424	0,4699	0,492
4.2 Valores de produção por vaca				
4.2.1 Valor da produção diário (R\$/dia)	9,78	7,94	8,84	9,29
4.2.2 Valor em carne (R\$/dia)	0,40	-0,79	-0,01	0,44
4.2.3 Valor total (R\$/dia)	10,18	7,15	8,83	9,73
5. Gastos totais com a dieta				
5.1 Gasto total por litro (R\$/litro)	0,323	0,283	0,308	0,371
5.2 Gasto por vaca (R\$/vaca/dia)	6,72	4,78	5,80	7,35
6. Saldo sem variação de PV				
6.1 Saldo por litro (R\$/litro)	0,147	0,187	0,162	0,099
6.2 Saldo por vaca (R\$/vaca/dia)	3,06	3,16	3,04	1,94
7. Saldo com variação de PV				
7.1 Saldo por litro (R\$/litro)	0,166	0,141	0,162	0,121
7.2 Saldo por vaca (R\$/vaca/dia)	3,46	2,37	3,03	2,38

¹ Preço do leite médio em MG no ano de 2003; ² Preços médios dos ingredientes no ano de 2003 em MG; ³ Preços médios de insumos no ano de 2003 em MG. ⁴ Preço da carne praticado em MG no ano de 2003.

Adaptado de Costa (2005)

O desafio hodierno é aumentar a participação da cana de açúcar em dietas de vacas com produção acima de 20 litros de leite. Todavia, para o total entendimento das vantagens e desvantagens para a utilização de um alimento, são necessárias informações que demonstrem além dos dados produtivos, a sua economicidade.

11. Referências Bibliográficas

ALONSO, J. R.; SENRA, A. Production system for dairy cows without irrigation and whole sugar cane forage supplied during the dry season. Milk production and composition and live weight. *Cuban J. Agric. Sci.*, n.26, p.123, 1992.

AQUINO, A. A.; BOTARO, B. C.; IKEDA, F. S.; et al. Efeito de níveis crescentes de uréia na dieta de vacas em lactação sobre a produção e a composição físico-química do leite. *Rev. Bras. Zoot.*, v.36, n.4, p.881-887, 2007.

ARCURI, P. B.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. Microbiologia do rúmen. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição dos ruminantes*. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 111-140.

AROEIRA, L. J. M.; SILVEIRA, M. I.; LIZIEIRE, R. S.; et al. Degradabilidade no rúmen, taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.22, n.4, p.552-564, 1993.

AZEVÊDO, J. A. G.; PEREIRA, J. C.; CARNEIRO, P. C. S.; et al. Avaliação da divergência nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Rev. Bras. Zoot.*, v.32, n.6, p.1431-1442, 2003.

BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. *J. Dairy Sci.*, v.88 (suppl. E), p.9-21, 2005.

BAKER, L. D., FERGUSON, J. D., CHALUPA, W. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 78, n. 9, p. 2424-2434, 1995.

BRODERICK, G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 86, p.1370-1381, 2003.

BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997.

BRODY, T. *Nutritional biochemistry*. Academic Press, USA., 1984. 658p.

BUTLER, W. R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 9, p. 2533-2539, 1998.

BUTLER, W.R. Relação entre a concentração de proteína da dieta, ambiente uterino e concepção em vacas leiteiras. In.: NOVOS ENFOQUES NA PRODUÇÃO E REPRODUÇÃO DE BOVINOS. *Anais...* Uberlândia, 2004, p.101-109.

CABRITA, A. R. J.; FONSECA, A. J. M.; DEWHURST, R. J.; et al. Nitrogen supplementation of corn silages. 1.Effects on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 86, n. 12, p. 4008-4019, 2003.

CAMPOS, P. R. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMAM, E.; et al. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. *Rev. Ceres*, v. 57, n. 1, p. 79-86, 2010.

CARMO, C. A.; SANTOS, F. A. P.; IMAIZUMI, H. et al. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia para vacas em final de lactação. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v. 27, n. 1, p. 277-286, 2005.

CARVALHO, G. J. *Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte*. 1992. 75p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

CASTRO, A. C. G. *Cana-de-açúcar “versus” silagem de milho na produção de leite*. 1967. 37 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1967.

CHALUPA, W. C. A.; BAILE, C. A.; McLAUGHLIN, C. L.; et al. Effect of introduction of urea on feeding behavior of Holstein heifers. *J. Dairy Sci.*, v.62, n.8, p.1278-1284, 1979.

CHURCH, D. C. *El ruminante: fisiologia digestive y nutricion*. Metabolismo de la proteína en los ruminantes. Zaragoza: ACRIBIA, 1993. p. 255-258.

CLARK, J. H; KLUSMEYER, T. H; CAMERON, M. R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to duodenum of dairy cows. *J. Dairy Sci*, v. 75, p. 2304-2323, 1992.

COALHO, M. R.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; CUNHA, J. A.; et al. Estudo dos protozoários ciliados em bovinos consumindo dietas com diferentes níveis de proteína não degradável no rúmen. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v.25, n.1, p.193-199, 2003.

COLOVOS, N. F., HOLTER, J. B., DAVIS, H. A.; et al. Urea for lactating dairy cattle. II effect of various levels of concentrate urea on nutritive value of the ration. *J. Dairy Sci.*, v.50 n.4, p. 523-526, 1967.

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

CORRÊA, C. E. S.; PEREIRA, M. N.; OLIVEIRA, S. G.; et al. Performance of holstein cows fed sugar cane or corn silages of different grain textures. *Sci. Agri.*, v.60, n.4, p.621-629, 2003.

COSTA, G. C.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *R. Bras. Zootec.*, V. 34, n.6, p. 2437-2445, 2005.

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

DAVIDSON, S.; HOPKINS, B. A.; DIAZ, D. E.; et al. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, v. 86, n. 5, p. 1681-1689, 2003.

DE PETERS E. J.; FERGUSON J. D. Non protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J. Dairy Sci.* v. 75, n. 11, p. 3192. 1992.

DUNLAP, T. F.; KOHN, R. A.; DOUGLASS, L. W. et al. Diets deficient in rumen undegraded protein did not depress milk production. *J. Dairy Sci.*, v. 83, n. 8, p. 1806-1812, 2000.

EZEQUIEL, J. M. B.; MELÍCIO, S. P. L.; SANCANARI, J. B. D.; et al. Quantificação das bactérias sólido-aderidas, bactérias e protozoários líquido-associados do rúmen de bovinos jovens alimentados com amiréia. *R. Bras. Zootec.*, v.31, n.2, p.707-715, 2002.

FARRELL JR., H. M.; JIMENEZ-FLORES, R.; BLECK, G. T., et al. Nomenclature of the proteins of cows' milk—Sixth revision. *J. Dairy Sci.*, Champaign, v. 87, n. 11, p. 1641–1674, 2004.

FAVERDIN, P.; M'HAMED, D.; VÉRITÉ, R. Effects of metabolizable protein on intake and milk production of dairy cows independent of effects on ruminal digestion. *J. Anim. Sci.*, v. 76, n. 1, p.137-146, 2003.

FERGUNSON, J. D.; CHALUPA, W. Impact of protein nutrition in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.72, n. 3, p.746-766, 1989.

FERNANDES, A. M.; QUEIROZ, A. C.; PEREIRA, J. C. et al. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum ssp L.*) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de corte. *R. Bras. Zootec.*, v.32, n.4, p.977-985, 2003.

FIGUEIRA, D. G.; AROEIRA, L. J. M.; RODRIGUEZ, N. M.; et al. Dinâmica ruminal e pós-ruminal da cana-de-açúcar e do farelo de algodão em bovinos alimentados com farelo de algodão e cana-de-açúcar suplementada com três diferentes níveis de uréia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, v.45, n. 1, p.71-80, 1993.

FILGUEIRAS NETO, G.; REIS, R. B.; SOUSA, B. M.; et al. Efeito da substituição parcial do farelo de soja por ureia de liberação controlada ou não no consumo e produção de leite para vacas em lactação alimentadas com dietas baseadas em cana de açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá-PR. *Anais...* Maringá-PR, 2009 (CD-ROM).

FREITAS, A.W. P; PEREIRA, J. C.; ROCHA, F. C. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). *Rev. Bras. Zoot.*, v.35, n.1, p.229-236, 2006.

GRUBY, D.; DELAFOND, O. Recherches sur des animalcules se développant en grand nombre dans l'estomac et dans les intestins, pendant la digestion des animaux herbivores et carnivores. *Compt. Rend. Acad. Sci.*, v. 17, p. 1304-1308, 1843.

GUIDI, M. T. *Efeito de teores e fontes de proteína sobre o desempenho de vacas de leite e digestibilidade dos nutrientes*. 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba,

HELMER, L. G.; BARTLEY, E. E.; DEYOE, C. W.; et al. Feed processing. 5. Effect of an expansion-processed mixture of grain and urea (starea) on nitrogen utilization in-vitro. *J. Dairy Sci.*, v.53, n.3, p.330-335, 1970.

HERDT, T. H., EMERY, R. S. Therapy of diseases of ruminant intermediary metabolism. *Vet Clin Food Anim*, v. 8, p. 91-106, 1992.

HOF, G., VERVOORN, M. D., LENAERS, P. J.; et al. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 80, n. 13, p. 3333-3340. 1997.

HUBER, J. T.; COOK, R. M. The influence of site of administration of urea on voluntary intake of concentrate by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 55, n. 6, 1972.

HUBER, J. T.; THOMAS, J. W. Urea-treated corn silage in low protein rations for lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n. 1, p. 224. 1981.

HUNGATE, R.E. *The rumen and its microbes*. New York: Academic Press, 1966. 533 p.

IMAZUIZUMI, H. Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína degradável no rúmen sobre o desempenho e parâmetros ruminais e sanguíneos de vacas Holandesas em final de lactação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2000.

KANEKO, J. J., HARVEY, J. W., BRUSS, M. L. 1997. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*. San Diego: Academic Press, 932p.

KERTZ, A. F.; BROCKETT, M. K.; DAVIDSON, L. E.; et al. Influence of ammonia odor on acceptance of a non-urea ration by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 60, n. 5, p. 788. 1977.

KERTZ, A. F.; EVERETT Jr., J. P. Utilization of urea by lactating cows an industry view point. *J. Anim. Sci.*, v. 41, n. 7, p. 945. 1975.

KERTZ, A. F.; KOEPKE, M. K.; DAVIDSON, L. E.; et al. Factors influencing intake of high urea-containing rations by lactating dairy. *J. Dairy Sci.*, v. 65, n. 4, 1982.

KOZLOSKI, G.V. *Bioquímica dos ruminantes*. 1 ed. Santa Maria: UFSM. 2002, 140p.

LENG, R. A.; PRESTON, T. R. Sugar cane for cattle production: Present constraints, perspectives and research priorities. *Trop. Ani. Prod.*, v.1, p.1-22. 1976.

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

LIMA, M. L. M.; MATTOS, W. R. S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5, *Anais...FEALQ*, 1993, p.77-105.

LINN, J. G.; OLSON, J. D. 1995. Using milk urea nitrogen to evaluate diets and reproductive performance of dairy cattle. Pages 155–167 in 4-State Applied Nutr. and Management Conf., La- Crosse, WI, Univ. of Wisconsin, Madison, WI.

LOOSLI, J. K.; WARNER., R. A. Distillers grains, brewers' grains, and urea as protein supplements for dairy rations. *J. Dairy Sci.*, v.41, n.5, p.1446, 1958.

LOPES, F.C.F.; AROEIRA, L.J.M.; ARCURI, P.B.; et al. Efeitos da defaunação em ovinos alimentados com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) adicionada de uréia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, n. , p.180-188, 2002.

MACÊDO, G. A. R.; VIANA, M. C. M.; OLIVEIRA, J. S. Características agronômicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: SBZ, 2006. CD-ROM

MAENG, W. J.; BALDWIN, R. L. Factors influencing rumen microbial growth rate and yields: Effect of amino acid addition to a purified diet with nitrogen from urea. *J. Dairy Sci.*, v. 59, n. 6, p. 1648. 1976.

MAGALHÃES, A. L. R. *Cana-de-açúcar (Saccharum officinarum) em substituição à silagem de milho (Zea mays) em dietas para vacas em lactação*. 2001. 62 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MALNIC, G.; MARCONDES, M. *Fisiologia renal*. 3.ed. São Paulo: EPU, 1986. 409p.

MATARAZZO, S. V.; MATTOS, W. R. S; SUCUPIRA, M. C. A.; et al. Teores de uréia em dietas com cana-de-açúcar: fermentação ruminal e concentrações de uréia plasmática em vacas leiteiras. *Bol. Ind. Ani.*, v. 63, n.3, p.143-149, 2006.

MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V.; et al. População de protozoários ciliados no rúmen de ovinos criados na caatinga de Pernambuco. *Ver. Bras. S. Prod. Anim.*, v.9, n.2, p. 270-279, 2008.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F. et al. *Animal Nutrition*. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. p. 736.

MELO, A. A. S.; FERREIRA, A. F.; VERAS, A. S. C.; et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia fícus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação: I. Desempenho. *Rev. Bras. Zoot.*, Viçosa, v. 32, n. 3, 2003.

MENDES, C. Q.; FERNANDES, R. H. R.; SUSIN, I.; et al. Substituição parcial do farelo de soja por ureia ou amireia na alimentação de cabras em lactação. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.8, p.1818-1824, 2010.

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. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MOREIRA, H. A. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. *Inf. Agropec.*, v.9, n.108, p.14-16, 1983.

MOREIRA, H. A.; MELLO, R. P. *Cana-de-açúcar e uréia: novas perspectivas para alimentação de bovinos na época da seca*. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1986. 18p. (EMBRAPA-CNPGL, Circular Técnica).

MORRIS, S. M. Jr. Regulation of enzymes of the urea cycle and arginine metabolism: *Annual Review of Nutrition*, v. 22, p. 87-105, 2002.

MUGERWA, J. S.; CONRAD, H. R. Relationship of dietary non-protein nitrogen to urea kinetics in dairy cows. *J. Nutr.*, v. 101, n. 8, 1971.

MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V. W. *Harper: Bioquímica*, 7ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requeriments of dairy cattle*. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, DC: National Academy of Science, National Academy Press, 1989.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Ruminant nitrogen usage*. Washington, DC: National Academy of Science, National Academy Press, 1985.

NOCEK, J. E. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *J. Dairy Sci.* V. 80, n.5, p. 1005-1028, 1997.

NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relation of ruminal protein and carbohydrates availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.*, v.71, n.8, p.2070-2107, 1988.

NOGUEIRA-FILHO, J. C. M.; OLIVEIRA, M. E. M.; TOLEDO, L. R. A.; et al. Protozoários ciliados no rúmen de zebuínos e bubalinos submetidos a dietas com volumosos e concentrados. *Pesq. Agro. Bras.*, v.33, n.6, p. 993-999, 1999.

NOLAN, J. V. *Nitrogen kinetics* In: Forbes, F.M., France, F. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. CAB International, 1993. 1ª ed, p. 123-145.

NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A. L. B.; MARI, L. J. *Cana de açúcar como alimento para bovinos*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2006, Viçosa. Anais...Viçosa: FUNERB, 2006. p. 277-328.

NUSSIO, L. G; SCHMIDT, P. *Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agrônômicos e nutricionais*. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA LEITEIRA, 5., Piracicaba, 2005. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 193-218.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of intraruminal infusion of sodium, potassium, and ammonium on hypophagia from propionate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 86, n. 4, 2003.

OGIMOTO, K.; IMAI. S. *Atlas of Rumen Microbiology*. Tokyo: Japan Scientific Societies Press, 1981. 231p.

OLIVEIRA, A. S.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite de vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não-proteicos. *R. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 4, p.1358-1366, 2001.

OLIVEIRA, M. M. N. F.; TORRES, C. A. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Urea for postpartum dairy cows: productive and reproductive performance. *R. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 6, p. 2266 – 2273, 2004.

OWENS, F. N.; ZINN, R. Protein metabolism of ruminants. In: CHURCH, C.D. *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Waveland Press, 1993. p. 564.

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. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.20, n.1, p.90-99, 1991.

PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; GARCIA, R.; et al. Consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes de dietas contendo cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), sob diferentes formas, em bovinos. *R. Bras. Zootec.*, v.25; n.4, p.750-762, 1996.

PLUMMER, J. R.; MILES, J. T.; MONTGOMERY, M.J. Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.*, v.54, n.12, p.1861-1865, 1971.

PRESTON, T. R.; LENG, R. A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos parte I: limitaciones nutricionales y perspectivas. *Rev. Mundial Zoot.*, v.27, p.7-12, 1978.

PRESTON, T. R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. *T. Anim. Prod.*, v. 2, p. 125-142, 1977.

QUEIROZ, O. C. M.; NUSSIO, L. G.; SCHMIDT, P.; et al. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 2, p. 723-728, 2008.

REDMAN, R. G. R.; KELLAWAY, R. C.; LEIBHOLZ, J. Utilization of low quality roughages: Effects of urea and protein supplements of differing solubilities on digesta flow, intake and growth rate of cattle eating oaten chaff. *Br. J. Nutr.*, v. 44, p. 343-354. 1980.

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

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

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

RODRIGUEZ, N. M.; FIGUEIRA, D. G.; AROEIRA, L. J. M.; et al. Efeito do nível de uréia sobre a digestibilidade aparente e o balanço de nitrogênio em bovinos alimentados

com cana-de-açúcar e farelo de algodão. *Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.*, v.45, n.1, p.59-70, 1993.

ROSELER, D. K.; FERGUSON, J. D.; SNIFFEN, C. J. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in holstein cows. *J. Dairy Sci.*, n. 76, v. 3, p. 525-534. 1993.

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

RUSSELL, J. B.; HESPELL, R. B. Microbial rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, v. 64, p.1153-1169, 1981.

SANTIAGO, A. M. F.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, A. S.; et al. Níveis de uréia na cana-de-açúcar em dietas para vacas leiteiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2008, Lavras-MG. *Anais...* Lavras-MG, 2008 (CD-ROM).

SANTOS, F. A. P.; SANTOS, J. E.; SILVA, R. M.; et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cows performance: A 12-year literature review. *J Dairy Sci.*, v. 81, n. 12, p. 3182-3213, 1998.

SANTOS, F. A. P.; VOLTOLINI, T. V.; PEDROSO, A. M. Balanceamento de rações com cana-de-açúcar para rebanhos leiteiros: até onde é possível ir. In: CARVALHO, M.P.; SANTOS, M.V. (Org.). *Estratégia e competitividade na cadeia de produção de leite*. 7 ed. Uberlândia: Bertaiier, 2005, p.208-245.

SATTER, L. D.; ROFFLER, R. E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v. 58, n. 5, p. 1219, 1978.

SCHEPERS, A. J., MEIJER, R. G. M. Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 5, p. 579-584. 1998.

SILVA, R. M. N.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 5, 2001.

SMITH, R. H. Nitrogen metabolism in the rumen and composition and nutritive value of nitrogen compounds entering the duodenum. In: McDONALD, I. W. E WARNER, A. C. I. Ed. *Digestion and metabolism in the ruminant*, p. 399-415. University of New England, Australia, 1975.

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. *J. Anim. Sci.*, v.70, n.11, p.3561-3577. 1992.

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

SWENSON, M. J; REECE, W. O. *Dukes-Fisiologia dos Animais Domésticos*. 11 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro. 1996, 856 p.

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

TORRES, C. A. A.; OLIVEIRA, M. M. N.; COSTA, E. P.; et al. Uréia para vacas no pós-parto: consumo, produção de leite, teor plasmático de uréia e pH uterino. In: Reunião Anual da SBZ, 39, 2002, Recife. *Anais ...*, Recife: SBZ, 2002, CD-ROM.

VALADARES FILHO, S. C. Nutrição, avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2002, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p. 267-337.

VALVASORI, E.; LAVEZZO, W.; LUCCI, C. S.; et al. Degradação ruminal e digestibilidade em ruminantes alimentados com cana-de-açúcar como substituto da silagem de milho. *Boletim da Indústria Animal*, v.59, n.1, p.31-43, 2002.

VALVASORI, E.; LAVEZZO, W.; LUCCI, C. A.; et al. Alteração na fermentação de bovinos fistulados alimentados com cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. *Anais...* Botucatu: SBZ, 1998 (Disponível em CD-ROM).

VAN HORN, H. H.; FOREMAN, C. F.; RODRIQUES, J. E. Effects of high-urea supplementation on feed intake and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.50, n. 5, 1967.

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

VILELA, F. G.; TEIXEIRA, J. C.; PÉREZ, J.R.O. et al. Efeito da substituição do farelo de soja pela amireia 150S no consumo, produção e composição do leite. *Cie. Agrot.*, v.31, n.5, p.1512-1518, 2007.

WISEK, W. J. Amonia: Its effects on biological systems. Metabolic hormones, and reproduction. *J. Dairy Sci.*, v. 67, n. 3, p. 481-498, 1984.

WILLIAMS, A. G., JOBLIN, K. N., BUTLER, R. D. Interactions bactéries-protiste dans le rumen. *Annals Biology.*, v.32, p.14-29, 1993.

WILLIAMS, A. G.; COLEMAN, G. S. *The rumen protozoa*. Springer-Verlag, New York Inc., 1991. 423p.

WILSON, G.; MARTZ, F. A.; CAMPBELL, J. R.; et al. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea diets for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v. 41, n. 3, p. 1431-1437, 1975.

Capítulo 2

EFEITO DA ADIÇÃO DE TEORES CRESCENTES DE UREIA NA CANA DE AÇÚCAR *IN NATURA* EM DIETAS DE VACAS EM LACTAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS DA FERMENTAÇÃO RUMINAL, CINÉTICA DA DIGESTÃO E POPULAÇÕES DE PROTOZOÁRIOS

1. Introdução

A avaliação de alimentos para ruminantes deve incluir investigações sobre a fermentação ruminal, que está associada ao potencial do alimento em promover desempenho animal.

Entre as forrageiras tropicais, a cana de açúcar destaca-se, principalmente, por sua elevada produtividade e boa qualidade nutricional na época seca do ano, diferente das demais forrageiras de ciclo fotossintético C4. Porém, a fibra que também constitui fração considerável da matéria seca (MS) da cana de açúcar, apresenta reduzida degradação ruminal, que é parcialmente atribuída ao seu baixo teor de proteína bruta (Preston e Leng, 1981).

A utilização dos alimentos pelos ruminantes também está na dependência dos micro-organismos que habitam o ambiente retículo-ruminal, uma vez que podem ter efeito sobre os produtos finais da fermentação. A presença de carboidratos prontamente fermentáveis no rúmen, como a sacarose, pode causar várias mudanças no metabolismo da microbiota.

Dentro da população microbiana do rúmen, os protozoários ciliados têm ações específicas, estando na dependência do animal hospedeiro e natureza do alimento. Embora o ruminante possa sobreviver sem estes micro-organismos, resultados de trabalhos mostraram que os protozoários exercem efeitos sobre a estabilização do pH ruminal, devido à rápida ingestão e estocagem de carboidratos, como amido e sacarose (Valvasori et al., 1996; Lopes et al., 2002).

Para potencializar a utilização da cana de açúcar como alimento volumoso, é de fundamental importância corrigir adequadamente suas limitações nutricionais, tais como os baixos teores de proteína bruta (PB) e fósforo, e ainda, a fibra de baixa qualidade, a fim de que se estabeleça fermentação ruminal estável, favorecendo a eficiência de crescimento microbiano.

A grande proporção de carboidratos fermentáveis encontrada na MS da cana de açúcar permite que seu baixo teor proteico seja facilmente elevado com a utilização de fontes de nitrogênio prontamente disponíveis no rúmen, como a ureia.

Geralmente, a recomendação feita para a adição de ureia nessas dietas é 1% na matéria natural da cana de açúcar. Entretanto, o teor máximo de suplementação com nitrogênio não proteico, ao qual o animal responderá positivamente, é controverso, pois esta recomendação é antiga e foi a partir de estudos realizados em dietas fornecidas a animais em crescimento ou de baixa produção.

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da inclusão de teores crescentes (0, 0,5 e 1,0%) da mistura de ureia:sulfato de amônio na matéria natural da cana de açúcar em dietas de vacas leiteiras sobre os parâmetros da fermentação ruminal, cinética da digestão e sobre as populações de protozoários no rúmen.

2 Material e Métodos

2.1 Local e época do experimento

O experimento foi realizado de julho a outubro de 2007, no Campo Experimental de Coronel Pacheco, de propriedade da Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco/MG.

2.2 Animais, instalações e delineamento estatístico

Foram utilizadas três vacas multíparas, Holandês x Gir, canuladas no rúmen, com produção média inicial de $20,76 \pm 0,6$ kg/dia de leite, pesando em média $567 \pm 13,8$ kg de peso vivo (PV), e com 87 ± 4 dias em lactação. As três vacas foram confinadas em curral do tipo *free stall*, com água *ad libitum* e receberam dietas ajustadas para produção de leite diária e peso vivo inicial (Tabela 1). As vacas foram individualmente alimentadas em cochos equipados com portões eletrônicos do tipo *calan gate* (*American Calan Inc.*, Northwood, NH, EUA).

Foi adotado delineamento em Quadrado Latino (QL) 3 x 3, em esquema de parcela subdividida, onde cada período experimental foi composto por 21 dias, sendo 14 dias para adaptação e sete para amostragens e coleta de dados.

2.3 Dietas experimentais

As dietas basearam-se na utilização de cana de açúcar fresca picada como volumoso único (Tabela 25), e enriquecida com 0; 0,5 ou 1,0% da mistura de ureia:sulfato de amônio (9:1) em relação à matéria natural.

Tabela 25. Composição bromatológica dos ingredientes utilizadas na formulação das dietas experimentais

Composição química (% da matéria seca)	Cana de açúcar (RB 73-9735)	Caroço de algodão	Fubá de milho	Farelo de soja
Matéria seca (%)	29,32	93,64	93,92	95,24
Matéria orgânica	86,43	88,75	92,58	88,53
Proteína bruta	1,99	26,35	8,57	47,32
Fibra em detergente neutro	45,56	42,34	10,85	24,49
Fibra em detergente ácido	27,45	34,47	4,04	15,37
Extrato etéreo	0,86	21,26	1,20	0,86
Cinzas	6,07	4,88	1,34	6,71
Lignina	4,23	4,97	2,91	3,03
CNF ¹	45,52	5,17	78,04	20,62

¹CNF = $100 - (\%PB + \%FDN\text{corrigido} + \%EE + \%Cinzas)$, conforme descrito em Sniffen et al. (1992).

As dietas foram fornecidas na forma de mistura completa (*TMR – total mixed ration*), uma vez ao dia, às 07:00 h da manhã, sendo preparadas em vagão misturador semi-automatizado e computadorizado (*DATARANGER®*, *American Calan Inc.*, Northwood,

NH), de modo a permitir em torno de 10% de sobras. Durante o dia, as dietas foram frequentemente homogeneizadas.

As três dietas foram formuladas para serem isoproteicas (15,4% de PB) e isoenergéticas (68,9% de nutrientes digestíveis totais - NDT), segundo o NRC (2001), e com concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) o mais uniformes possíveis, além de igual relação volumoso:concentrado de 50:50% (base MS) (Tabela 26). Foram balanceadas com farelo de soja, fubá de milho, caroço de algodão (Tabela 25), premix mineral-vitamínico e tamponantes (Tabela 26).

Tabela 26. Composição de ingredientes e bromatológica das dietas experimentais, baseadas em cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Item	Teores de ureia (% da MN)		
	0,0	0,5	1,0
	<i>Ingredientes (%)</i>		
Cana de açúcar (RB 73-9735)	50,00	50,00	50,00
Caroço de algodão	6,90	6,90	6,90
Fubá de milho	10,40	15,3	20,35
Farelo de soja	30,25	24,52	18,89
Ureia pecuária	0,00	0,84	1,56
Bicarbonato de sódio	0,75	0,75	0,75
Calcário calcítico	1,00	1,00	0,90
PREMIX Mineral-Vitamínico ¹	0,40	0,40	0,40
Cloreto de sódio	0,30	0,30	0,30
	<i>Composição bromatológica (% da matéria seca)</i>		
Matéria seca (%)	44,90	44,90	44,90
Matéria orgânica	84,59	84,96	83,33
Proteína bruta	16,23	16,89	16,62
Fibra em detergente neutro	33,46	34,75	36,39
Fibra em detergente ácido	23,23	22,94	25,27
Hemicelulose	10,23	11,81	10,81
Celulose	17,13	16,86	18,55
Lignina	4,63	4,51	5,26
Carboidratos não-fibrosos ²	41,43	39,80	38,43
Extrato etéreo	2,35	1,99	2,23
Cinzas	6,52	6,33	6,33
Amido ³	12,36	15,86	19,18

¹PREMIX Mineral-Vitamínico (Composição por Kg): Co 0,200 ppm; Cu 10,000 ppm; Fe 0,105 ppm, I 0,500 ppm, Mn 14,000 ppm, Se 0,290 ppm, Zn 43,000 ppm, Vit. A 12.000.000 UI; Vit. D 3.100.000 UI; Vit. E 75.000 UI; ²CNF = 100 - (%PB + %FDNcorrigido + %EE + %Cinzas), conforme descrito em Sniffen et al. (1992); ³Valores estimados segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Valadares Filho et al., 2006).

2.4 Avaliação do consumo

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

Do 15° ao 21° foram feitas amostragens diárias individualizadas das dietas oferecidas, das sobras, bem como da cana de açúcar e ingredientes dos suplementos concentrados. Essas amostras foram armazenadas em congelador (-20°C) e, posteriormente, descongeladas, pré-secadas em estufa de ventilação forçada de ar (55°C, 72 h), moídas em moinho de facas tipo *Willey* (peneira com perfurações de 1 mm), compostas por tratamento ou por animal x fase (conforme o tipo de amostra) e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) a 105°C, matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) (Silva e Queiroz, 2002).

Os pesos diários das dietas fornecidas e das respectivas sobras individuais, durante cada um dos três períodos de coleta foram utilizados para os cálculos de consumo de matéria seca (CMS).

2.5 Parâmetros da fermentação ruminal

As amostragens foram realizadas no último dia de cada um dos três períodos do QL, sendo coletadas amostras de líquido ruminal imediatamente antes (tempo zero) e 2; 3; 6; 9; 12; 14; 15; 18; 21 e 24 h após o fornecimento da alimentação. Após coagem e homogeneização, foi realizada leitura do valor de pH, com potenciômetro digital portátil TEC 3P-MP v.7.1 (Tecnal Equipamentos para Laboratório, Piracicaba, SP). Posteriormente, duas alíquotas de 10 mL de líquido ruminal foram adicionadas a frascos contendo oito gotas de H₂SO₄ 50% v/v (subamostra 1) ou 2 mL de ácido metafosfórico 25% (subamostra 2), sendo então congeladas. Após descongelamento em temperatura ambiente, a subamostra 1 foi analisada para determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), enquanto que a subamostra 2 foi centrifugada e analisada em cromatografia gasosa para concentração molar (mM) dos ácidos graxos voláteis totais (AGVt), acetato, propionato, butirato e relação acetato/propionato.

2.6 Dinâmica da digestão ruminal

As estimativas das taxas de passagem da fase sólida foram realizadas individualmente em cada fase do QL, a partir de administrações, via fístula ruminal, de 100 g de FDN mordantada com Cromo, preparada segundo recomendações de Úden et al. (1980).

As coletas de fezes foram iniciadas 6 h após a administração do indicador externo, prosseguindo em tempos pré-determinados até 96 h pós-dosificação (6; 9; 12; 15; 18; 21; 24; 27; 30; 33; 36; 39; 42; 45; 48; 54; 60; 66; 72; 78; 84; 90 e 96 h).

As amostras foram congeladas e, posteriormente, descongeladas, pré-secadas (55°C, 72 h), moídas (1 mm) e analisadas quanto ao teor de Cr, por espectrofotometria de absorção atômica (Williams et al., 1962), após digestão nitroperclórica (Kimura e Muller, 1953).

As estimativas dos parâmetros da cinética da fase sólida foram realizadas, utilizando o processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento PROC NLIN do SAS... (2002), segundo o modelo descrito por Grovum e Williams (1973). Foram geradas curvas para cada tratamento avaliado, a partir da utilização conjunta dos dados das três

repetições (vacas) disponíveis, obtendo, portanto, valores médios para caracterizarem as condições estudadas. No entanto, curvas individuais também foram obtidas.

No modelo bicompartimental biexponencial de Grovum e Williams (1973), de expressão geral: $Y = a \cdot e^{-k_1 \cdot (t-tt)} - a \cdot e^{-k_2 \cdot (t-tt)}$, para $T \geq tt$ e $Y = 0$, para $t < tt$, o parâmetro “a” é indefinido do ponto de vista biológico, apresentando apenas valor matemático. Os parâmetros “ k_1 ” e “ k_2 ” correspondem, respectivamente, às taxas de passagem no rúmen-retículo e no ceco e cólon proximal, enquanto TT refere-se ao tempo de trânsito no omaso e intestinos delgado e grosso, ou, ainda, ao tempo transcorrido desde a dosificação até o primeiro aparecimento do indicador nas fezes. A concentração fecal do indicador no tempo t é definida pela variável dependente y .

Para estimativa dos parâmetros da cinética da fase líquida no rúmen foi utilizado o indicador externo Cobalto-EDTA (15,0; 13,9 e 14,0% de Co na MS, respectivamente, para as fases 1, 2 e 3), obtido em conformidade com os procedimentos relatados por Úden et al. (1980). Foram administrados via fístula ruminal, 10 g de Co-EDTA diluídos em 200 mL de água destilada, imediatamente antes do fornecimento da ração diária. Após isto, alíquotas de 10 mL, obtidas de amostras de líquido ruminal coletadas concomitantemente àquelas utilizadas no estudo dos parâmetros de fermentação ruminal foram pipetadas, transferidas para frascos de PVC e congeladas (-10°C). Posteriormente, foram descongeladas e analisadas quanto à concentração de Co por espectrofotometria de absorção atômica (Colucci, 1984).

Os parâmetros da cinética da fase líquida no rúmen foram estimados pelo processo iterativo do algoritmo Marquardt, com auxílio do procedimento para modelos não-lineares (PROC NLIN) do SAS... (2002) para cada um dos tratamentos avaliados, a partir da utilização conjunta dos dados das três repetições disponíveis (vacas), obtendo, portanto, valores médios para caracterizar as referidas condições estudadas. No entanto, curvas individuais também foram obtidas.

Para ajuste aos dados das concentrações de cobalto nas amostras de líquido ruminal foi utilizado o modelo exponencial unicompartmental relatado por Colucci (1984), cuja expressão é: $Y = A \cdot e^{-k \cdot t}$, onde: “Y” e “A” (ppm) referem-se às concentrações do indicador nos tempos “t” e zero, respectivamente; e k (/h) corresponde à taxa constante de diluição ou taxa de passagem da fase líquida no rúmen.

O volume de fluído ruminal (V, litros) foi estimado a partir da relação entre a quantidade de cobalto administrada (mg) e o valor de “A” estimado pelo modelo. O tempo de reciclagem (TR, h) foi calculado como a recíproca da taxa de passagem da fase líquida no rúmen (“k”). A taxa de reciclagem (TaxaRec, n° de vezes por 24 horas) foi calculada como $24/TR$. A taxa de fluxo (TaxaFluxo, litros/h) foi calculada como o produto do volume de fluído ruminal (V) pela taxa de passagem da fase líquida no rúmen (k).

2.7 Degradabilidade ruminal *in situ*

Para estudo da degradabilidade ruminal *in situ* da MS, matéria orgânica (MO) e FDN, foi utilizada amostra de cana de açúcar picada (86,4% de MO; 45,7% de FDN) que foi pré-secada (55°C , 72 h), moída (5 mm) e acondicionada em sacos de náilon (10 x 20 cm; porosidade 50 μ ; 10 a 20 mg de amostra/cm² de área de saco) e incubada no rúmen das

vacas fistuladas em cada fase do QL. Antes da incubação, todos os sacos foram mergulhados em água (temperatura ambiente, 30 min). Os referentes ao tempo zero foram retirados e congelados. Os demais foram colocados no rúmen e retirados 3, 6, 12, 24 e 96 h após a incubação, sendo também congelados. Posteriormente, todos os sacos foram descongelados, lavados, pré-secados (55°C, 72 h), pesados, e os resíduos analisados para MS, MO e FDN.

As estimativas dos parâmetros de degradabilidade ruminal *in situ* da MS, MO e FDN foram realizadas, ajustadas ao modelo não-linear descrito por Tomich e Sampaio (2004). Foram geradas curvas para cada dieta, a partir da utilização conjunta dos dados das três repetições (vacas) disponíveis. No entanto, curvas individuais também foram obtidas, visando facilitar a percepção de eventuais valores atípicos. As degradabilidades efetivas (DE) da MS, MO e FDN da cana de açúcar nos diferentes níveis de inclusão de ureia foram calculadas conforme proposto por Ørskov e McDonald (1979), utilizando os valores de taxa de passagem ruminal estimados para cada dieta.

Também foram realizadas regressões dos dados de taxa de passagem e parâmetros de degradação ruminal em função dos níveis de adição de uréia nas dietas.

2.8 Contagem e identificação dos gêneros dos protozoários ciliados

Alíquotas de 20 mL de conteúdo ruminal foram coletadas manualmente antes (tempo zero - 0h) e 3 (3h), 6 (6h) e 12 (12h) horas após o fornecimento da alimentação diária, sendo fixadas com igual volume de formaldeído a 18,5% (v/v) e acondicionadas em frascos com tampa rosqueável, devidamente identificados, para posteriores contagens, cujos resultados expressam o número de ciliados por mL de conteúdo ruminal.

A identificação dos gêneros e a quantificação de ciliados foram realizadas em câmara Sedgewick-Rafter, segundo procedimentos descritos por D'Agosto e Carneiro (1999).

2.9 Análises estatísticas

As variáveis avaliadas neste estudo (parâmetros da fermentação ruminal, taxas de passagem no retículo-rúmen e nos intestinos, tempos médios de retenção e tempo de trânsito) foram analisadas, segundo delineamento em QL 3 x 3 em esquema de parcela sub-dividida, estando os tratamentos na parcela e os tempos de coleta nas sub-parcelas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento MIXED do SAS... (2002).

O pH ruminal, concentração e proporção molar de AGV, concentração de N-NH₃ ruminal, taxas de passagem no retículo-rúmen e nos intestinos, tempos médios de retenção e tempo de trânsito foram ajustadas conforme o modelo matemático:

$$Y_{ijklm} = \mu + P_i + A_j + T_k + \bar{y}_{ijk} + C_l + I_{(kl)m} + e_{ijklm}$$

Onde:

Y_{ijklm} = observação no tratamento i na vaca J fase k no tempo l;

μ = média geral da variável testada;

P_i = efeito do período i, sendo i = 1, 2, 3;

A_j = efeito do animal j, sendo j = 1, 2, 3;

T_k = efeito do tratamento k, sendo k = 0; 0,5 e 1,0%;

\tilde{y}_{ijk} = erro parcela

C_l = efeito do tempo de colheita l, sendo l = 1, ...12 para ambiente e l = 1,24 para dinâmica);

$I_{(kl)m}$ = efeito da interação m do tratamento k com o tempo de colheita l;

e_{ijklm} = erro aleatório.

O estudo de identificação e quantificação dos protozoários líquido-associados também seguiu delineamento em QL 3x3, em esquema de parcela sub-dividida, estando os tratamentos (0; 0,5 e 1,0% de ureia) na parcela e os três tempos de coleta (0, 3, 6 e 12 horas) na sub-parcela.

O modelo matemático para esse estudo foi:

$$Y_{ijklm} = \mu + P_i + A_j + T_k + \tilde{y}_{ijk} + C_l + I_{(kl)m} + e_{ijklm}$$

Onde:

Y_{ijklm} = observação no tratamento i na vaca J fase k no tempo l;

μ = média geral da variável testada;

P_i = efeito do período i, sendo i = 1, 2, 3;

A_j = efeito do animal j, sendo j = 1, 2, 3;

T_k = efeito do tratamento k, sendo k = 0; 0,5 e 1,0%;

\tilde{y}_{ijk} = erro parcela

C_l = efeito do tempo de colheita l, sendo l = 0, 3, 6 e 12 h;

$I_{(kl)m}$ = efeito da interação m do tratamento k com o tempo de colheita l;

e_{ijklm} = erro aleatório.

Foi utilizado o procedimento UNIVARIATE do SAS... (2002) para verificação da distribuição da normalidade dos resíduos e da homocedasticidade das variâncias dos dados de contagens de protozoários. À exceção da contagem de *Isotricha* cujas observações foram normais e independentemente distribuídas com variância homogênea, nas demais houve necessidade de transformação. Para estas, utilizou-se a transformação proposta por Box e Cox (1964). Posteriormente, os dados originais ou transformados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento MIXED do SAS... (2002), segundo delineamento QL 3 x 3, em esquema de parcela sub-dividida, com as dietas alocadas nas parcelas e os tempos de amostragem nas sub-parcelas.

3. Resultados e discussão

3.1 Parâmetros da fermentação ruminal

Os consumos médios de MS das vacas foram de 17,42; 17,81 e 17,69 kg/dia e as produções de leite foram de 19,15; 19,51 e 20,65, respectivamente nas dietas com 0; 0,5 e 1,0% de ureia.

Os valores de pH ruminal verificados durante 24 h de amostragem são apresentados na Tabela 27. O tempo pós alimentação influenciou os valores de pH ao longo do dia ($P < 0,001$). Os maiores valores observados na dieta com 0% de ureia foram nos tempos 0, 21 e 24h. Já os menores valores observados neste tratamento foram no intervalo entre 2 a

14 h pós alimentação. No intervalo entre 6 e 9 h pós alimentação, o pH ruminal foi menor que 6,0; reflexo de alta atividade metabólica dos micro-organismos. A dieta com 0,5% de ureia apresentou variação de pH semelhante à observada no tratamento com 0% de ureia. Os maiores valores observados na dieta com 0,5% foram nos tempos 0 e 24 h e os menores entre os intervalos de tempo de 2 a 15 h (Tabela 27).

Na dieta com 1% de ureia, o maior valor observado foi no tempo 0 h antes da alimentação e os menores entre os tempo 2 e 18 h (Tabela 27). O pH ruminal está diretamente relacionado aos produtos finais da fermentação, o que pode ser comprovado pelos menores valores coincidirem com momentos em que os animais apresentavam maiores consumos de alimentos.

Segundo Church (1993), as oscilações cíclicas ocorridas no pH ruminal são reflexo das atividades metabólicas no rúmen ao longo do dia, sendo decorrentes da mudança nas concentrações de AGVs, na quantidade de saliva produzida e na velocidade de absorção dos produtos finais.

Apesar da variação em função do tempo, não foi observado em nenhum dos tratamentos riscos para acidose ruminal. Segundo Nocek (1997), quando o pH ruminal é mantido acima de 5,5 ocorre equilíbrio entre bactérias utilizadoras e produtoras de ácido lático, impedindo o acúmulo do mesmo e, conseqüentemente, ocorrência de acidose. Desta forma, apesar do grande aporte de carboidratos não fibrosos, dietas bem balanceada com cana de açúcar como volumoso único, não oferecem risco de acidose.

O valor mínimo considerado pela literatura em que o pH pode apresentar efeitos negativos sobre os micro-organismos ruminais é 5,7 (Callaway e Martin, 1997). Desta forma, os valores de pH, em todos os tempos amostrados e em todas as dietas (Tabela 27, Figura 4), foram adequadas à ação dos micro-organismos. Tal fato pode ser atribuído, conforme já relatado, à intensa salivacão dos animais estimulados pela fração fibrosa da cana de açúcar. Além disso, dietas à base de cana de açúcar apresentam alta concentração de protozoários; deste modo, conforme relataram Lopes et al. (2002), a estabilização do pH ruminal também se deve à rápida assimilação dos carboidratos solúveis por esses microrganismos, contribuindo, para garantir a integridade funcional do rúmen.

Outro fator que pode ter interferido no tamponamento das dietas, refere-se à utilização de bicarbonato de sódio nos concentrados (Tabela 1).

Além de todos esses fatores, ressalta-se também que os animais foram bem adaptados às dietas favorecendo a saúde das papilas ruminais. Grande parte da estabilidade do pH é atribuída à capacidade da mucosa ruminal em absorver os ácidos graxos produzidos durante a fermentação (Van Soest, 1994).

Segundo Van Soest (1994), os micro-organismos fibrilolíticos são sensíveis a quedas no pH ruminal. A degradabilidade da fibra pode ser comprometida à medida que o pH ruminal diminui. Isto se deve, principalmente, ao fato das bactérias celulolíticas serem incapazes de se desenvolver com baixo pH intracelular. A queda do pH do rúmen resulta em toxicidade dos produtos dos anions de ácidos graxos voláteis para as bactérias, pela dificuldade das mesmas em exportá-los (Russel e Wilson, 1997).

Tabela 27. Efeito do tempo de amostragem sobre o pH do rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	6,73 ^a	6,81 ^a	6,78 ^a
2	6,06 ^b	6,08 ^b	6,29 ^b
3	6,09 ^b	6,14 ^b	6,23 ^b
6	5,96 ^b	6,19 ^b	5,98 ^b
9	5,82 ^b	6,01 ^b	6,21 ^b
12	6,09 ^b	6,05 ^b	6,31 ^b
14	6,17 ^b	6,15 ^b	6,29 ^b
15	6,42 ^{ab}	6,25 ^b	6,35 ^b
18	6,50 ^{ab}	6,58 ^{ab}	6,24 ^b
21	6,75 ^a	6,55 ^{ab}	6,65 ^{ab}
24	6,80 ^a	6,66 ^a	6,70 ^{ab}
EPM ²	0,1408	0,1408	0,1408
Média	6,31	6,32	6,37

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey;

²Erro-padrão da média.

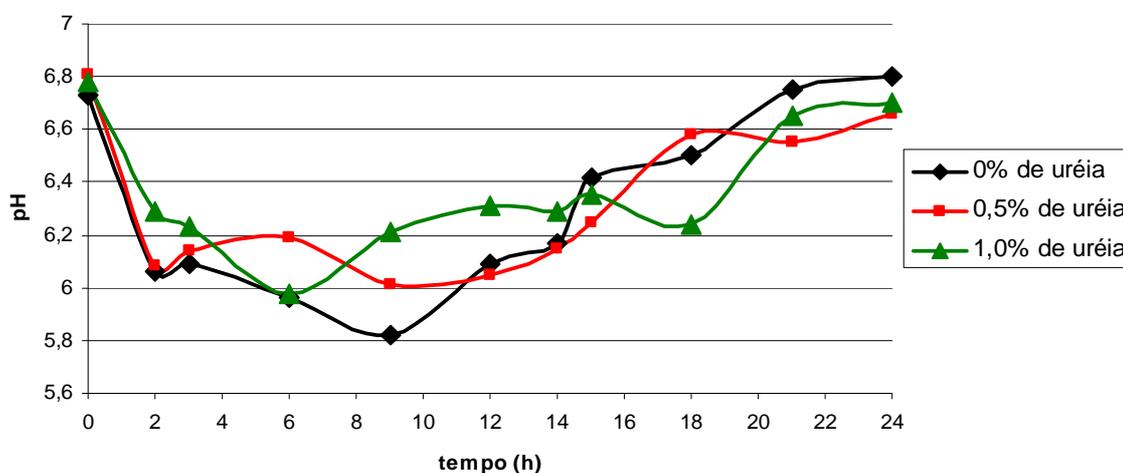


Figura 4. Efeito do tempo de amostragem sobre pH do rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Como os micro-organismos fibrilolíticos são fundamentais na degradabilidade da fibra, principalmente em dietas à base de cana de açúcar, em ambientes com pH próximo de 6,0 - conforme observado no presente estudo - a degradação desse nutriente se torna mais fácil. O pH é uma característica importante na degradação da fibra. Segundo Hoover (1986), quando esse parâmetro atinge valores de 5,5 ou 5,0; o crescimento dos micro-organismos celulolíticos e a digestão da fibra podem ser inibidos.

Outros trabalhos também observaram que dietas suplementadas com ureia normalmente promovem pH ruminal alcalino e mais estável. Costa et al. (2005) utilizaram dietas à base de cana de açúcar suplementadas com 1% de ureia (MN), com diferentes proporções de volumoso (60, 50, 40%) e observaram valores de pH entre 6,53 a 7,08.

Mendonça et al. (2004) trabalharam com vacas Holandês (20,1 kg/dia de leite) consumindo 3,1%PV de dietas baseadas em 50% de cana de açúcar como volumoso único, suplementada com 50% de concentrado (base MS), contendo 1% de ureia na matéria natural, e observaram valores de pH entre 6,62 a 7,27.

Conforme apresentado na Tabela 28 e na Figura 5, a concentração de N-NH₃ na dieta com 0% de ureia não diferiu entre os tempos de amostragem. Já na dieta com 0,5% de ureia, a concentração de N-NH₃ foi maior entre 2 e 3 h, e no tratamento com 1,0% de uréia, entre 2 e 6 h após o fornecimento da dieta. A ocorrência dos picos de concentração ruminal de N-NH₃ neste período pode estar associada também ao maior consumo dos animais neste momento e, conseqüentemente, à maior taxa de fermentação e degradação das fontes nitrogenadas em amônia.

Segundo Leng e Nolan (1984), a concentração ruminal de amônia para se obter crescimento microbiano máximo é de 15 a 20 mg/dL. Baseado nessa premissa, no presente estudo, a dieta com 1% de ureia apresentou condição favorável, em quase todos os tempos de amostragem, para maximizar o crescimento microbiano. Já a dieta com 0,5% de ureia apresentou concentrações de amônia para se obter crescimento microbiano máximo entre 2 e 6 h (Tabela 28, Figura 5).

Tabela 28. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃, mg/dL) no rúmen de vacas em lactação, recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	10,50 ^a	8,40 ^b	8,16 ^c
2	10,73 ^a	22,63 ^a	32,43 ^a
3	12,36 ^a	21,46 ^a	30,33 ^a
6	12,60 ^a	16,10 ^{ab}	30,80 ^a
9	12,83 ^a	13,53 ^{ab}	24,26 ^{ab}
12	14,46 ^a	12,13 ^{ab}	17,73 ^b
14	14,70 ^a	9,56 ^b	12,13 ^{bc}
15	15,63 ^a	10,73 ^b	15,63 ^{bc}
18	15,86 ^a	8,16 ^b	13,76 ^{bc}
21	18,20 ^a	12,13 ^{ab}	16,56 ^{bc}
24	19,13 ^a	12,83 ^{ab}	12,83 ^{bc}
EPM ²	2,85	2,85	2,85
Média	14,28	13,42	19,51

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey;

²Erro-padrão da média.

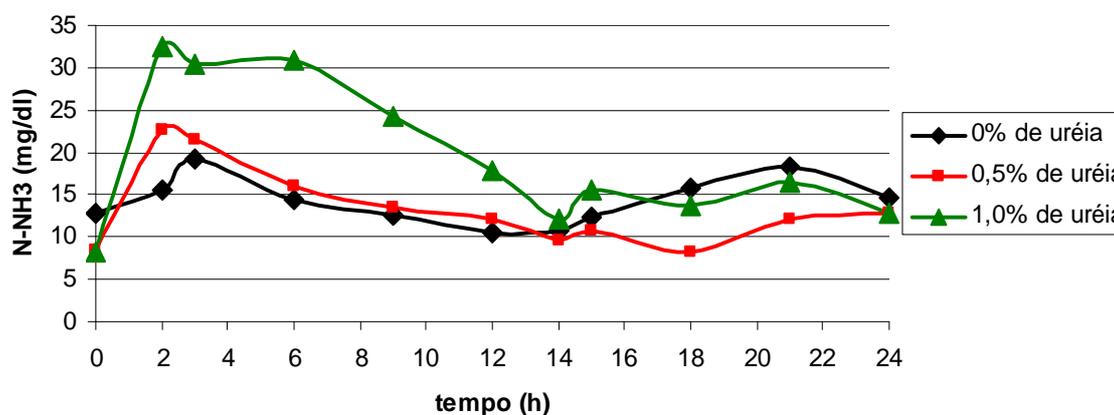


Figura 5. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Contraditoriamente às outras dietas, a concentração de amônia ruminal necessária para obter maior eficiência de crescimento microbiano na dieta com 0% de ureia foi observado entre 15 a 24 h. Tal fato, considerando a teoria de sincronismo de nutrientes no ambiente ruminal, em dietas à base de cana de açúcar, pode ser um fator negativo. A sacarose da cana de açúcar é rapidamente fermentada, necessitando concomitantemente de fontes de nitrogênio para que ocorra maximização da síntese de proteína microbiana. Ressalte-se que as bactérias sacarolíticas necessitam de aminoácidos como substrato para seu crescimento. Já Satter e Slyter (1974), recomendaram valor mínimo de 5 mg/dL para maximizar o crescimento microbiano. Considerando essa concentração como ideal, no presente estudo, em todos os tempos de amostragem, os valores foram superiores, indicando assim, ambiente ruminal favorável em todas as dietas ao crescimento microbiano.

A concentração N-NH₃ ruminal é consequência do equilíbrio entre sua produção, absorção, passagem para o trato gastrointestinal inferior e utilização pelos micro-organismos. Bactérias ruminais utilizam N-NH₃ ruminal como fonte de nitrogênio para a síntese de proteína microbiana, mas a fermentação ruminal do nitrogênio frequentemente produz mais N-NH₃ ruminal que os micro-organismos podem utilizar (Preston, 1986). Tal fato pode ser observado no presente estudo. Na dieta com 1% de ureia a concentração de N-NH₃ permaneceu durante 7 h (2 a 9 h pós alimentação) acima de 20 mg/dL.

Todavia, segundo Leng (1990), o nível de amônia deve ser superior a 10 mg/dL para que haja aumento da digestão ruminal da MS, e superiores a 20 mg/dL para que ocorra aumento da ingestão de MS. Exceto nos tempos 0 e 14 h da dieta com 0,5% de ureia, as concentrações de N-NH₃ foram superiores a 10 mg/dL, podendo assim, ter favorecido a degradabilidade da MS.

Matarazzo et al. (2006) avaliaram o efeito da adição de 0; 1; 1,5 e 2% de ureia na matéria natural de dietas baseadas em cana de açúcar e fornecidas para vacas não-lactantes. A concentração ruminal de N-NH₃ foi maior para os animais que receberam 2% de ureia (16,52 mg/dL) na dieta em relação aos que receberam 0 e 1% de ureia (8,10 e 7,25 mg/dL, respectivamente). Porém, não houve diferença em relação aos animais que receberam a

dieta com 1,5% de ureia. As maiores concentrações foram observadas 6 h após a alimentação.

Pires et al. (2008) trabalhando com vacas Holandês alimentadas com cana de açúcar suplementada com 0,6% de ureia (MS total) observaram concentração média de N-NH₃ de 20,89 mg/dL. Já Magalhães et al. (2006) verificaram valor de 8,57 mg/dL em dietas à base de cana de açúcar corrigida com 1% de ureia na MS total.

Existe grande controvérsia em relação à concentração de N-NH₃ necessária para o máximo crescimento microbiano. Para Eardman et al. (1986), a concentração de N-NH₃ requerida para a máxima digestão não é constante, pois varia em função da fermentabilidade da dieta. As concentrações de acetato (mM) em todos os tempos amostrados e em todas as dietas estão apresentados na Tabela 29 e na Figura 6. A maior concentração de acetato na dieta com 0% de ureia foi observada às 14 h (84,43 mM) e a menor (55,10 mM) antes da alimentação (tempo 0 h). Na dieta com 0,5% de uréia, as menores concentrações foram observadas nos tempos 0 e 24 h (respectivamente, 60,27 e 58,33 mM). Já para a dieta com 1,0% de ureia não foi verificada diferença da concentração de acetato nos diferentes tempos de amostragem (Tabela 29; Figura 6).

Tabela 29. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de acetato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% da MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	55,10 ^b	60,27 ^b	64,19 ^a
2	66,9 ^{ab}	67,56 ^{ab}	63,26 ^a
3	60,27 ^{ab}	69,53 ^{ab}	74,70 ^a
6	57,87 ^{ab}	92,00 ^a	68,23 ^a
9	75,20 ^{ab}	90,63 ^{ab}	87,83 ^a
12	80,87 ^{ab}	71,26 ^{ab}	82,60 ^a
14	84,43 ^a	79,66 ^{ab}	73,69 ^a
15	60,60 ^{ab}	76,85 ^{ab}	67,23 ^a
18	56,73 ^{ab}	69,83 ^{ab}	83,46 ^a
21	62,23 ^{ab}	67,23 ^{ab}	66,50 ^a
24	61,10 ^{ab}	58,33 ^b	77,60 ^a
EPM ²	11,4	11,4	11,4
Média	65,57	73,01	73,57

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey;

²Erro-padrão da média

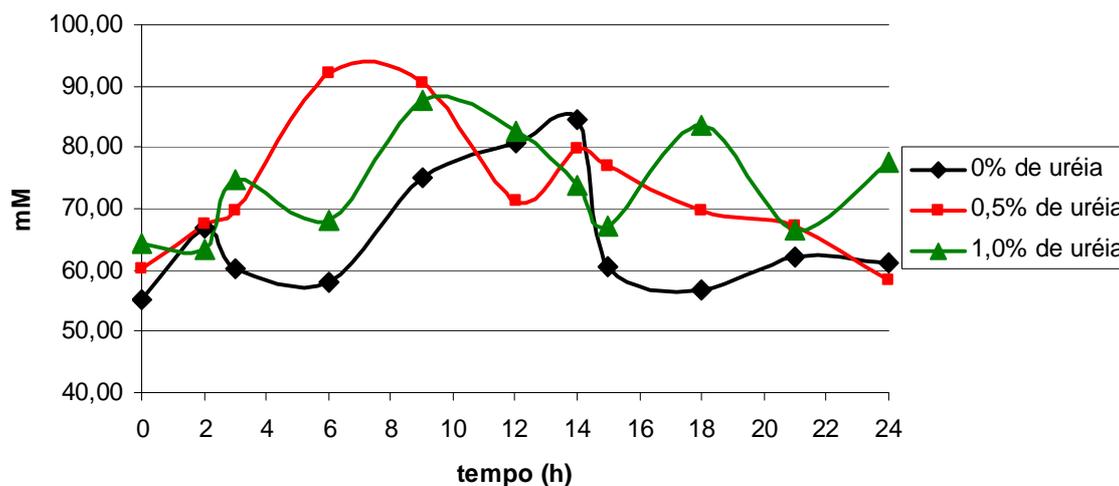


Figura 6. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações (mM) de acetato no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Exceto no tempo 0, 6 e 18 h, as concentrações de acetato nas dietas (0; 0,5 e 1,0% de ureia) foram superiores às obtidas por Matos et al. (2003), que relatou valores entre 55,59 e 59,12 mM em dietas com cana de açúcar associadas a dois níveis de ingestão e dois teores de ureia (1,0 e 1,5% na matéria natural).

A utilização de 1% de ureia na dieta ocasionou concentrações médias altas de N-NH₃ (31,18 mg/dL) entre 2 e 9 h, considerando que a média geral observada para esta dieta foi de 19,51 mg/dl (Tabela 28). Tais concentrações influenciaram negativamente as concentrações médias de acetato (-0,66; P<0,01) e de propionato ($r^2 = -0,51$; P<0,01) nesse intervalo que foram de 68,73 e 25,15 mM comparadas às médias gerais de 73,57 e 35,15 mM, respectivamente (Figuras 6 e 7). Já na dieta com 0,5 % de ureia a concentração média de N-NH₃ no intervalo entre 2 e 6 h foi de 20,06 mg/dl e a média geral da dieta de 13,42 mg/dL (Tabela 28). Apesar da concentração média de N-NH₃ no intervalo entre 2 e 6 h ser maior que a média geral dessa dieta, o efeito foi positivo, uma vez que a concentração média de propionato nesse intervalo (45,44 mM) foi maior em relação à média geral (39,41 mM) da dieta com 0,5% de ureia refletindo, assim, melhor eficiência na fermentação ruminal. É importante destacar que a concentração média de N-NH₃ no intervalo entre 2 e 6 h nessa dieta (20,06 mg/dL) foi dentro da faixa recomendada para obter-se máxima eficiência da síntese de proteína microbiana que é de 15 a 20 mg/dL (Leng e Nolan, 1984). Quanto às concentrações de ácido propiônico, não foram observadas diferenças entre os tempos de amostragem na dieta com 0% de ureia. Na dieta com 0,5% de ureia, as maiores concentrações foram obtidas nos tempos 6, 9 e 15 h e os menores em 0, 18, 21 e 24 h após o fornecimento da dieta. Já na dieta com 1,0% de ureia, a menor concentração de propionato observada foi apenas no tempo 0 h e as maiores concentrações nos tempos 9 e 14 h (Tabela 30, Figura 7).

De acordo com Valdez et al. (1977), ocorre decréscimo na proporção de ácido acético e aumento na de propiônico após a alimentação, em função da fermentação bacteriana dos

açúcares solúveis, presentes em grandes quantidades, nas dietas à base de cana de açúcar. Essa hipótese pode ser observada no presente estudo (Tabela 29 e 30).

Tabela 30. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de propionato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% da MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	22,96 ^a	30,90 ^b	24,30 ^b
2	41,46 ^a	41,40 ^{ab}	35,90 ^{ab}
3	36,2 ^a	41,80 ^{ab}	39,20 ^{ab}
6	30,93 ^a	53,13 ^a	36,00 ^{ab}
9	41,60 ^a	58,46 ^a	46,86 ^a
12	38,29 ^a	38,73 ^{ab}	40,43 ^{ab}
14	38,60 ^a	38,60 ^{ab}	46,23 ^a
15	27,50 ^a	48,56 ^a	29,46 ^{ab}
18	23,93 ^a	29,70 ^b	33,56 ^{ab}
21	28,03 ^a	28,13 ^b	26,20 ^{ab}
24	24,23 ^a	24,06 ^b	30,43 ^{ab}
EPM ²	9,78	9,78	9,78
Média	32,16	39,41	35,32

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

²Erro-padrão da média

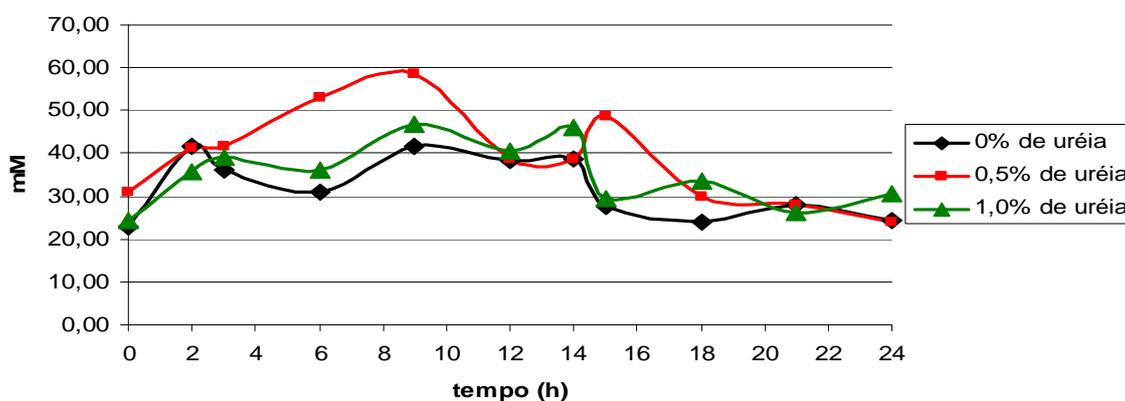


Figura 7. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de propionato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Entre os ácidos graxos voláteis, o propionato é considerado quantitativamente o mais importante precursor na síntese de glicose, além de ser importante na liberação de

hormônios e na partição de nutrientes. Segundo Van Soest (1994), o propionato supre 61 a 67% de toda exigência de glicose para animais em crescimento ou vacas em lactação.

A menor relação acetato/propionato na dieta com 0% de ureia foi observada entre 2 e 9 h pós alimentação. Na dieta com 0,5% de ureia, as menores relações foram observadas no tempo 0 e 12 h. Já para a dieta com 1,0% de ureia a menor relação acetato/propionato foi verificada nos tempo de amostragem 14 h (Tabela 31; Figura 8). Essas menores relações de acetato/propionato parecem ser realmente justificadas pela maior produção de propionato nesse período (Tabela 30). A menor relação acetato:propionato é um fator positivo em termos de eficiência energética. A diminuição desta relação tem sido acompanhada pela menor concentração de metano (Russel, 1998).

Tabela 31. Efeito do tempo de amostragem sobre a relação acetato/propionato no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% da MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	2,40 ^a	1,95 ^{bc}	2,64 ^a
2	1,61 ^b	1,63 ^c	1,76 ^{bc}
3	1,66 ^b	1,66 ^{bc}	1,90 ^b
6	1,87 ^b	1,73 ^{bc}	1,89 ^b
9	1,81 ^b	1,55 ^c	1,87 ^{bc}
12	2,11 ^{ab}	1,84 ^{bc}	2,04 ^b
14	2,19 ^a	2,06 ^b	1,59 ^c
15	2,20 ^a	1,58 ^c	2,28 ^{ab}
18	2,37 ^a	2,35 ^{ab}	2,49 ^a
21	2,22 ^a	2,39 ^a	2,54 ^a
24	2,52 ^a	2,42 ^a	2,55 ^a
EPM ²	0,1181	0,1181	0,1181
Média	2,09	1,93	2,14

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey;

²Erro-padrão da média

Os menores valores de pH coincidiram com o intervalo de tempo em que foi observada a menor relação acetato/propionato. Russell (1998) avaliou qual seria a importância da regulação do pH na relação acetato:propionato utilizando vacas alimentadas com 90% de concentrado e 100% com forragem. Os valores de pH e a relação acetato:propionato foram menores para os animais que receberam 90% de concentrado, enquanto a concentração total de AGV foi maior. Este autor concluiu que mais de 25% da diminuição na relação acetato:propionato pode ser explicado apenas pelo pH ruminal. E que a relação acetato:propionato diminuiu devido ao aumento na concentração de propionato, uma vez que a concentração de acetato não foi influenciada pelas dietas (P<0,05).

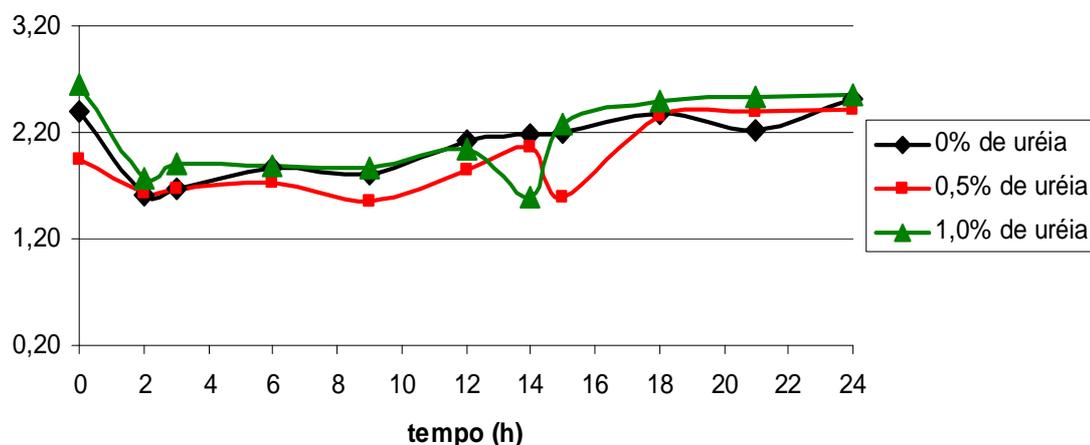


Figura 8. Efeito do tempo de amostragem sobre relação acetato/propionato no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

As concentrações de ácido butírico ruminal verificados durante 24 h de amostragem são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de butirato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% da MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	5,1 ^b	5,5 ^b	5,4 ^b
2	6,8 ^{ab}	6,5 ^b	5,8 ^b
3	6,3 ^{ab}	7,2 ^b	7,1 ^{ab}
6	6,2 ^{ab}	10,3 ^{ab}	6,7 ^{ab}
9	10,0 ^a	12,6 ^a	9,6 ^{ab}
12	10,1 ^a	10,3 ^{ab}	9,0 ^{ab}
14	9,6 ^{ab}	9,4 ^{ab}	11,4 ^a
15	7,6 ^{ab}	12,3 ^a	7,6 ^{ab}
18	5,7 ^{ab}	7,2 ^b	8,1 ^{ab}
21	6,0 ^{ab}	6,0 ^b	6,5 ^b
24	7,0 ^{ab}	5,2 ^b	7,5 ^{ab}
EPM ²	0,1713	0,1713	0,1713
Média	7,3	8,4	7,7

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

²Erro-padrão da média

O tempo pós alimentação influenciou as concentrações ao longo do dia ($P < 0,001$). Os maiores valores observados na dieta com 0% de ureia foram nos tempos 9 e 12 h pós alimentação. Já o menor valor observado neste tratamento foi 0 h pós alimentação. Na dieta com 0,5% de ureia, as menores concentrações de butirato foram observadas no tempo 0, 2, 3, 18, 21 e 24 h e as maiores 3 e 15 h pós alimentação. Já para a dieta com 1,0% de ureia as menores concentrações foram verificadas nos tempo de amostragem 0, 2, e 21 h e as maior 14 h pós alimentação. (Tabela 32; Figura 9). Os valores médios observados para a porcentagem de ácido butírico foram abaixo dos valores de 10-25% citados por Preston e Leng (1981).

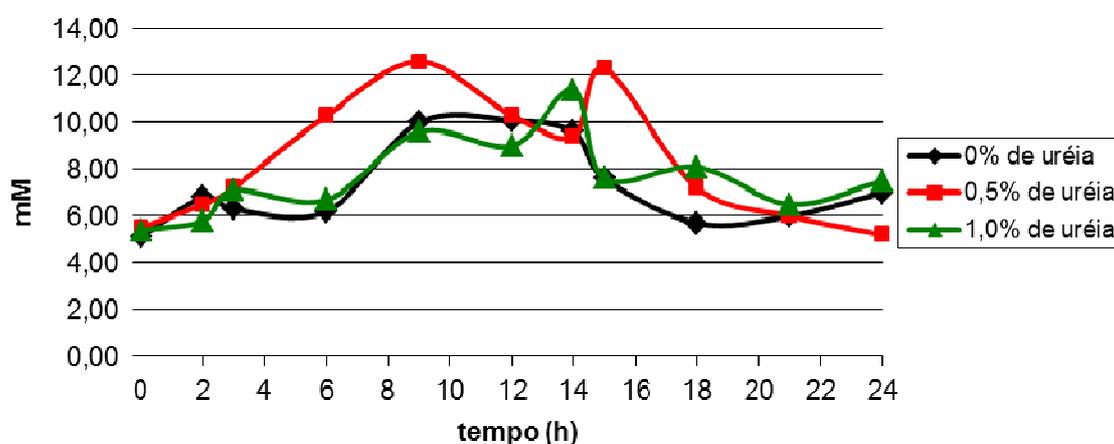


Figura 9. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de butirato (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Na Tabela 33 e na Figura 10 são apresentadas as concentrações totais de ácidos graxos voláteis (AGVt). O maior valor (132,63 mM) observado na dieta com 0% de ureia foi às 14 h pós-alimentação e o menor (83,16 mM) no tempo 0 h. Na dieta com 0,5% de ureia, os maiores valores de AGVt observados, 155,46 e 161,73 mM, ocorreram às 6 e 9 h após a alimentação, respectivamente. O maior valor de AGVt (144,33 mM) encontrado na dieta com 1% de ureia foi às 9 h após a alimentação e os menores às 0 e 24 h, respectivamente, 91,91 e 89,45 mM (Tabela 33).

Matarazzo et al. (2006) observaram concentrações médias de AGV totais de 97,11; 88,49; 90,98 e 88,97 mM de fluido ruminal, respectivamente para os tratamentos com inclusão de 0; 1,0; 1,5 e 2,0% de ureia (matéria natural) em dietas à base de cana de açúcar. Por se tratarem de médias, os valores observados por esses autores são inferiores aos encontrados no presente estudo.

Em contrapartida, os valores obtidos para a concentração de AGVt foram inferiores aos relatados por Preston e Leng (1981), de 120 a 150 mM em dietas à base de cana de açúcar para vacas leiteiras. O valor da concentração média de AGV total (117,70 mM) observado na dieta com 0,5% de ureia foi o que mais aproximou dos valores encontrados por esses autores. A eficiência observada na produção de AGV nessa dieta pode estar associada ao

sincronismo de energia e amônia em função de pequena quantidade de nitrogênio disponibilizado via ureia nos momentos iniciais da fermentação ruminal.

Trabalhando com vacas Holandês (526 kg de peso corpóreo), recebendo 50% (base MS) de cana de açúcar suplementada com 50% de concentrados, contendo 0,6% de ureia na MS total da dieta, Pires et al. (2008) relataram concentrações médias de acetato, propionato, e de AGVs totais, respectivamente de 69,07; 22,12; e 108,6 mM, valores esses inferiores ao desse estudo. Ressalte-se que estes autores utilizaram vacas com produção média de leite de 16 kg/dia, ou seja, inferior à dos animais do presente estudo.

De acordo com os valores observados de amônia ruminal e ácidos graxos voláteis, a adição de 0,5% de ureia em dietas à base de cana de açúcar como volumoso único favoreceu a fermentação ruminal por disponibilizar NH_3 continuamente pós alimentação. Entretanto, adição de 1% de ureia na matéria natural da cana de açúcar parece comprometer a fermentação ruminal entre 2 e 12 h após a alimentação devido à diminuição da produção de ácidos graxos voláteis.

Tabela 33. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de ácidos graxos voláteis total (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹		
	0	0,5	1,0
0	83,16 ^b	84,83 ^b	91,91 ^b
2	115,16 ^{ab}	115,53 ^{ab}	105,00 ^{ab}
3	102,78 ^{ab}	118,56 ^{ab}	120,96 ^{ab}
6	95,03 ^{ab}	155,46 ^a	110,96 ^{ab}
9	126,76 ^{ab}	161,73 ^a	144,33 ^a
12	130,96 ^{ab}	120,36 ^{ab}	132,00 ^{ab}
14	132,63 ^a	127,63 ^{ab}	112,28 ^{ab}
15	95,70 ^{ab}	114,99 ^{ab}	104,26 ^{ab}
18	86,43 ^{ab}	106,73 ^b	125,20 ^{ab}
21	96,23 ^{ab}	101,33 ^b	99,30 ^{ab}
24	92,33 ^{ab}	87,53 ^b	89,45 ^b
EPM ²	18,61	18,61	18,61
Média	105,02	117,70	112,33

¹Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey;

²Erro-padrão da média

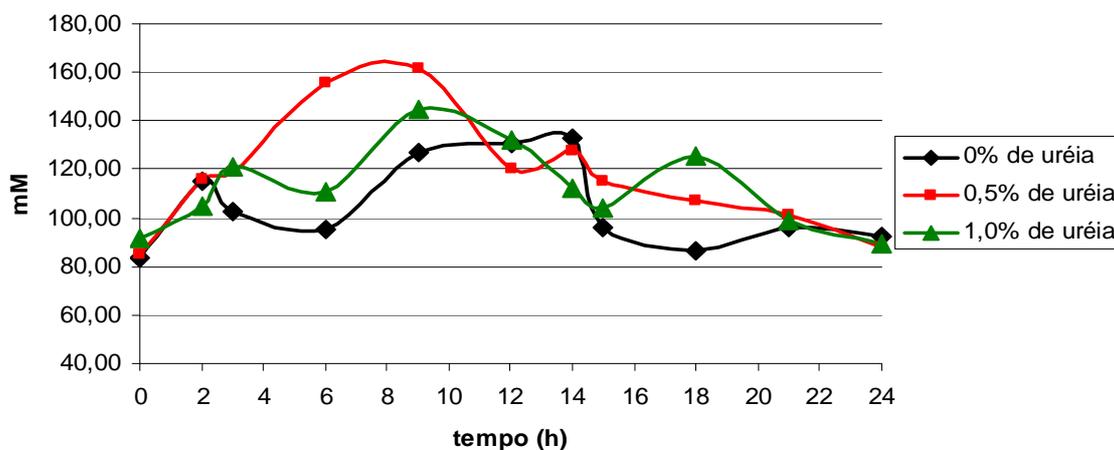


Figura 10. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações de ácidos graxos voláteis totais (mM) no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Os valores médios da concentração dos ácidos graxos voláteis em todas as dietas foram superiores aos observados na literatura em dietas à base de cana de açúcar suplementadas com ureia, reflexo de eficiência da fermentação ruminal. Este fato foi positivo, pois resultou em boa produção animal, com maior teor de gordura do leite, em função do acetato, e maior concentração de glicose disponível para o animal, em função do propionato. As concentrações médias de acetato, propionato e relação acetato/propionato foram de 70,71 mM; 35,63 mM e 2,05, respectivamente. Resultados de outros estudos (Matazzaro et al., 2006; Pires et al., 2008) com dietas à base de cana de açúcar relataram valores de concentrações de acetato, propionato e relação acetato e propionato de 56,33; 22,70 e 2,48 respectivamente.

3.2 Cinética da digestão: taxa de passagem da fase sólida e líquida e degradabilidade ruminal *in situ*

Os ajustes dos modelos não-lineares aos dados de excreção fecal de Cr e de degradação ruminal da MS, MO e FDN resultaram em valores de R^2 superiores a 90% em todas as curvas individuais. No entanto, as obtidas por tratamento (Tabela 34 e 35), a despeito de terem apresentado menores valores de R^2 , haja vista incluírem o efeito animal, representam de modo mais fidedigno os parâmetros da cinética de trânsito da fase sólida (Tabela 34) e da degradabilidade ruminal (Tabela 35) da cana de açúcar em cada dieta.

A taxa de passagem ruminal (k_1) e o tempo médio de retenção ruminal (TMR) estimada para a dieta com 0,5% de ureia foi de 3,52 e 61,7, respectivamente. Já o k_1 foi de 3,18 e 2,74 e a TMR de 62,3 e 74,1; respectivamente nas dietas com 0 e 0,5% de ureia (Tabela 34). O longo tempo de permanência no rúmen é fator determinante do baixo consumo de MS de bovinos alimentados com dietas à base de cana de açúcar (Preston e Leng, 1981).

Trabalhando com vacas Holandês em lactação consumindo 3,27% PV de MS e 0,98% PV de FDN, de dieta baseada em 60% de cana de açúcar suplementada com 40% de concentrados contendo 1,3% de ureia na MS total da dieta, Magalhães et al. (2006)

estimaram por meio do modelo de Grovum e Williams (1973), taxa de passagem ruminal de 5,27%/h, ou seja, superior à obtida no presente estudo. Conseqüentemente, o tempo médio de retenção no TGI estimado por Magalhães et al. (2006), de 39,91 h, foi inferior aos apresentados na Tabela 34.

Tabela 34. Parâmetros da cinética de trânsito da fase sólida de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Concentração de ureia (base MN)	Concentração dietética	k_1 (%/h)	k_2 (%/h)	TT (h)	TRR (h)	TRPOS (h)	TMR (h)
0,0%		3,18	4,27	7,4	31,4	23,4	62,3
0,5%		3,52	4,27	9,9	28,4	23,4	61,7
1,0%		2,74	3,53	9,3	36,4	28,3	74,1

¹Dados de excreção fecal de Cr ajustados por dieta, segundo modelo de Grovum e Williams (1973), sendo: k_1 = taxa de passagem no rúmen; k_2 = taxa de passagem no ceco e cólon; TT = tempo de trânsito; TRR = tempo de retenção no rúmen ($1/k_1$); TRPOS = tempo de retenção no ceco e cólon proximal ($1/k_2$); e TMR = tempo médio de retenção no TGI (TT+TRR+TRPOS).

Por outro lado, trabalhando com vacas Holandês x Gir, produzindo de 6 a 10 kg/dia de leite e consumindo 2,56% PV de MS de dieta baseada em cana de açúcar suplementada com 22,5% de farelo de algodão e 1% de ureia, Aroeira et al. (1995) estimaram, por meio do modelo de Grovum e Williams (1973), taxa de passagem ruminal de 2,6%/h e tempos médios de retenção no rúmen e no TGI, respectivamente, de 40,9 e 74,2 h. Esses valores são semelhantes aos obtidos para o tratamento com 1% de ureia (Tabela 34).

Considerando que os consumos médios de MS das vacas fistuladas que receberam as dietas com 0; 0,5 e 1,0% de ureia foram, respectivamente, de 15,42; 17,20 e 14,69 kg/dia, pode-se observar que os valores estimados para taxa de passagem ruminal seguiram a mesma ordem de ranqueamento (Tabela 34). Em outras palavras, a maior taxa de passagem ruminal foi estimada para a dieta com 0,5% de ureia, que apresentou o maior consumo de MS. Por outro lado, a menor taxa de passagem ruminal foi estimada para a dieta com 1% de ureia, ou seja, aquela que foi menos consumida pelas vacas.

As degradabilidades efetivas (DE) da MS e MO observadas foram semelhantes entre as dietas (Tabela 35). Para DE da FDN, o valor obtido no tratamento com 1,0% de ureia foi ligeiramente superior aos observados nos demais, provavelmente, em resposta à modulação exercida pela menor taxa de passagem no rúmen e maior tempo médio de retenção ruminal da digesta, bem como pela maior taxa de degradação da FDN da cana de açúcar nesta dieta (Tabela 34 e 35). Também, segundo Ortiz-Rubio (2007), a adição de fonte de nitrogênio pode levar a um ambiente ruminal mais favorável por disponibilizar NH_3 continuamente para o crescimento microbiano eficiente, aumentando assim, o aproveitamento da forragem pelos micro-organismos.

Assim como a concentração de NH_3 , alguns estudos têm mostrado o efeito positivo do teor de PB da dieta na degradabilidade da MS, principalmente em dietas com forragem de baixa qualidade. O teor de PB utilizado no presente estudo foi maior do que aquele utilizado por Franzolin e Franzolin (2000), que também avaliaram dietas à base de cana de açúcar para bovinos. A média da degradabilidade efetiva da MS (57,86%) nesse estudo foi superior à observada por esses autores (46,98%). Diferença essa, que pode ser atribuído ao teor de

PB. Todavia, é importante destacar que os valores de pH aparentemente, provocam maior impacto sobre a degradabilidade da fibra.

Tabela 35. Parâmetros da degradabilidade ruminal da matéria seca (MS), da matéria orgânica (MO) e da fibra em detergente neutro (FDN) da cana de açúcar em vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Concentração dietética de ureia (% na MN)	Nutriente	A ¹ (%)	c ² (%/h)	R ²	DE ³ (%)
0,0%	MS	71,9	2,37	0,97	57,5
0,5%	MS	70,4	2,69	0,97	57,0
1,0%	MS	71,2	2,80	0,95	59,1
0,0%	MO	72,0	2,51	0,97	58,0
0,5%	MO	70,7	2,67	0,96	57,3
1,0%	MO	71,5	2,92	0,95	59,6
0,0%	FDN	45,4	2,78	0,98	21,6
0,5%	FDN	47,4	3,23	0,98	20,3
1,0%	FDN	44,6	3,09	0,97	24,0

¹A = degradabilidade potencial; ²c = taxa de degradação da fração potencialmente degradável por ação da microbiota; ³DE = degradabilidade efetiva calculada segundo equação proposta por Ørskov e McDonald (1979).

Trabalhando com vacas Holandês x Gir, produzindo de 6 a 10 kg/dia de leite e consumindo 2,56% PV de MS de dieta baseada em cana de açúcar suplementada com 22,5% de farelo de algodão e 1% de ureia, Aroeira et al. (1995) estimaram valores de degradabilidade potencial de 62,1 e 43,4%, de taxa de degradação de 3,0 e 3,1%/h; e de degradabilidade efetiva (considerando taxa de passagem ruminal de 2,6%/h) de 50,2 e 24,1%, respectivamente, para MS e FDN da cana de açúcar.

Na Tabela 36 são apresentados os resultados do efeito da suplementação com 0; 0,5; e 1,0% da mistura ureia:sulfato de amônio 9:1 (base matéria natural) sobre parâmetros da cinética de trânsito da fase líquida de dietas baseadas em cana de açúcar e concentrados, fornecidas para vacas Holandês x Gir em lactação.

Tabela 36. Parâmetros da cinética de trânsito da fase líquida de dietas, baseadas em cana de açúcar e concentrados, fornecidas para vacas em lactação

Concentração dietética de ureia (base MN)	k _p (%/h)	R ² do modelo	V (litros)	TR (h)	TRec (n ^o /24 h)	TF (litros/h)
0,0%	10,51	0,90	132,1	9,51	2,52	13,88
0,5%	10,57	0,91	113,2	9,46	2,54	11,96
1,0%	9,18	0,90	125,5	10,89	2,20	11,53

¹Dados das concentrações ruminais de Co ajustados por dieta (modelo de Colucci, 1984): k_p = taxa de passagem da fase líquida no rúmen; R² = coeficiente de determinação; V = volume de fluido ruminal; TR = tempo de reciclagem (1/k_p); TRec = taxa de reciclagem (24/TR) e TF = taxa de fluxo (V*k_p).

O volume ruminal médio obtido foi de 123,33 L, o que corresponde a 21,75% do peso vivo, próximo aos valores preconizados por Owens e Goestch (1988), de 15 a 21% do peso vivo.

Assim como observado para taxa de passagem ruminal de sólidos (Tabela 34), no tratamento com 1,0% de ureia foi observada a menor taxa de passagem da fase líquida no rúmen (Tabela 36). Isso pode estar associado ao menor consumo de MS observado para este tratamento, bem como à maior concentração de FDN nesta dieta (Tabela 26).

Observou-se menor volume de líquidos para o nível intermediário de inclusão de ureia. Considerando que os consumos médios de MS das vacas fistuladas que receberam as dietas com 0; 0,5 e 1,0% de ureia foram, respectivamente, de 17,42; 17,81 e 17,69 kg/dia, percebe-se menor volume de líquidos no tratamento que apresentou o maior consumo de MS. Ressalte-se que a dieta com 0,5% de ureia foi a que apresentou o maior teor de MS (Tabela 26).

Trabalhando com novilhos mestiços, recebendo cana de açúcar como volumoso único suplementada com ureia ou farelo de soja, Silveira et al. (2009) relatou valores de tempo de reciclagem variando de 12,56 a 16,72 h; taxa de reciclagem de 1,45 a 1,91 vezes/24 h, e taxa de fluxo de 4,36 a 4,41 litros/h. Segundo esses autores, a ureia diminuiu o tempo e a taxa de reciclagem e a taxa de fluxo. Semelhante ao observado por Silveira et al. (2009) a dieta com 1% de ureia apresentou menor taxa de reciclagem e taxa de fluxo. Contudo, o tempo de reciclagem foi maior. Já a cinética da taxa de passagem da fase líquida da dieta com 0,5% foi semelhante à dieta com 0% de ureia.

3.3 Quantificação dos protozoários ruminais

Foi observada a ocorrência dos ciliados dos gêneros *Entodinium*, *Isotricha*, *Dasytricha*, *Diplodinium* e outros, representantes da subfamília Diplodiniinae (*Eodinium*; *Ostracodinium*; *Diploplastron*; *Enoploplastre*; *Metadinium*; *Eremoplastro*; *Elytroplastron*; *Eudiplodinium*, além do gênero *Charonina* representante da família Blepharocorythidae e do gênero *Epidinium* da subfamília Ophryoscolecinae, que reunidos representaram menos de 5% das contagens (Tabelas 37 e 38). O gênero *Entodinium* foi o mais representativo nas três dietas e em todos os tempos avaliados, apresentando porcentual acima de 68%, corroborando com os resultados encontrados por Franzolin e Franzolin Neto (2000) em bovinos da raça Nelore alimentados com cana de açúcar (79,2%). Segundo esse autor, a população de protozoários *Entodinium* é maior no rúmen de animais que se alimentam de cana de açúcar, em função do tipo de carboidrato disponível nestas dietas.

Matos et al. (2008) determinaram o número e gênero de ciliados no rúmen de ovinos da região da caatinga alimentados com diferentes espécies de forrageiras da região (87), sendo as famílias que apresentaram maior número foram a Euphorbiaceae (9), Malvaceae (8), Leguminosae (8) e Poaceae (6), contribuindo com, aproximadamente, 36% do total de espécies de forrageiras alimentadas. Nesse estudo, dentre os gêneros encontrados, houve predominância de *Entodinium* (em torno de 90%). Segundo esses autores, a predominância de micro-organismos da subclasse *Entodiniomorpha* era esperada devido ao tipo de dieta fornecida aos animais, já que esses ciliados ingerem e fermentam materiais fibrosos.

Dessa forma, a maior quantidade de protozoários do gênero *Entodinium* encontrado no presente estudo pode estar associado também à alta quantidade de fibra disponível, relacionado ao fornecimento de cana de açúcar como volumoso único. Segundo Franzolin Neto et al. (2010), alterações nas concentrações de protozoários ciliados podem estar associadas ao maior ou menor aproveitamento de determinado alimento pelas diferentes espécies de ruminantes. Componentes energéticos e nitrogenados da dieta são fatores essenciais que determinam a concentração da população do rúmen, podendo prolongar o tempo de sobrevivência dos ciliados em, aproximadamente, 30% (Coalho et al., 2003).

Outro fator que pode ter contribuído para a quantidade de protozoários do gênero *Entodinium* são os valores de pH ruminal. Esse gênero é mais sensível às mudanças bruscas do meio, como alterações de pH. As dietas apresentaram valores de pH estáveis (Franzolin e Franzolin Neto, 2000). Em função do pH ruminal, fibra e do tipo de carboidrato da dieta, protozoários desse gênero tendem a ser predominantes nessas dietas.

Todavia, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) do teor de inclusão da mistura ureia:sulfato de amônio nas dietas para número total de ciliados, respectivamente para as dietas com 0, 0,5 e 1,0% de ureia, de $96,53 \times 10^4$; $78,08 \times 10^4$; e $93,13 \times 10^4$ /mL de conteúdo ruminal (Tabela 37).

Tabela 37. Concentração média ($\times 10^4$ células/mL) e composição (% entre parênteses) de ciliados no rúmen de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia (imediatamente antes - 0h, e 3, 6 e 12 h após o fornecimento da dieta)

Dietas	Tempos	Protozoários Ciliados					Total
		<i>Entodinium</i>	<i>Isotricha</i>	<i>Dasytricha</i>	<i>Diplodinium</i>	Outros ¹	
0% de ureia	0h	98,6 (73,7)	4,3 (3,2)	25,0 (18,7)	1,5 (1,1)	4,4 (3,3)	133,8
	3h	67,0 (77,4)	3,0 (3,5)	13,0 (15,1)	1,5 (1,7)	2,0 (2,3)	86,5
	6h	60,8 (68,5)	7,5 (8,4)	16,1 (18,2)	1,7 (1,9)	2,7 (3,0)	88,8
	12h	67,2 (87,1)	3,0 (3,9)	4,9 (6,4)	1,1 (1,4)	0,9 (1,2)	77,1
0,5% de ureia	0h	84,3 (81,4)	6,3 (6,1)	4,8 (4,7)	3,5 (3,4)	4,6 (4,4)	103,5
	3h	45,8 (72,4)	6,9 (10,9)	6,7 (10,5)	1,7 (2,8)	2,1 (3,4)	63,2
	6h	58,4 (80,4)	3,8 (5,3)	8,2 (11,2)	1,2 (1,7)	1,0 (1,4)	72,6
	12h	60,8 (83,5)	3,0 (4,2)	6,0 (8,2)	1,1 (1,5)	1,9 (2,6)	72,8
1,0% de ureia	0h	100,0 (85,0)	4,9 (4,2)	8,1 (6,8)	1,5 (1,3)	3,2 (2,7)	117,7
	3h	66,7 (76,5)	6,6 (7,5)	9,6 (11,0)	2,1 (2,5)	2,1 (2,5)	87,1
	6h	60,9 (78,4)	5,2 (6,7)	7,5 (9,6)	1,5 (1,9)	2,6 (3,4)	77,7
	12h	73,3 (81,3)	5,1 (5,7)	8,7 (9,7)	0,6 (0,6)	2,4 (2,7)	90,1
EPM ²		11,91	2,04	5,83	0,58	5,34	14,44

¹Subfamílias Diplodiniinae (*Eodinium*; *Ostracodinium*; *Diploplastron*; *Enoploplastron*; *Metadinium*; *Eremoplastron*; *Elytroplastron*; *Eudiplodinium*) e Ophryoscolecinae (*Epidinium*), e família Blepharocorythidae (*Charonina*).

²EPM= erro padrão da média

Valinote et al. (2005) em estudo realizado com novilhos Nelore, relataram que a gordura liberada pelo caroço de algodão (21% da MS total) reduziu o número de protozoários

ciliados no rúmen. Entretanto, no presente trabalho não foi observado efeito do caroço de algodão sobre as populações de protozoários ciliados do rúmen nos diferentes tratamentos. Provavelmente, isso pode ser atribuído aos semelhantes níveis de inclusão do caroço de algodão e de concentração de extrato etéreo nas três dietas (Tabela 26).

Nogueira Filho et al. (1991) trabalhando com bovinos e búfalos, alimentados com feno de capim coast-cross (70%) e concentrado (30%) coletaram ao longo do dia amostras de conteúdo ruminal onde constataram número elevado de ciliados antes da primeira refeição ($24,7 \times 10^4/\text{mL}$ e $22,1 \times 10^4/\text{mL}$, respectivamente) com queda logo em seguida.

Tabela 38. Concentração de protozoários ciliados ($\times 10^4$ células/ mL) e valores de pH no rúmen de vacas em lactação, recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempos	pH	Protozoários Ciliados					Total
		<i>Entodinium</i>	<i>Isotricha</i>	<i>Dasytricha</i>	<i>Diplodinium</i>	Outros	
0h	6,78 ^a	94,3 ^a	5,2 ^a	12,6 ^a	2,2 ^a	4,0 ^a	118,3 ^a
3h	6,15 ^b	59,8 ^b	5,5 ^a	9,7 ^a	1,8 ^{ab}	2,1 ^a	78,9 ^b
6h	6,05 ^b	60,0 ^b	5,5 ^a	10,6 ^a	1,5 ^{ab}	2,1 ^a	79,7 ^b
12h	6,15 ^b	67,1 ^b	3,7 ^a	6,5 ^a	0,9 ^b	1,8 ^a	80,0 ^b

^{A,b}médias nas colunas seguidas de letras iguais indicam valores semelhantes pelo teste de tukey ($p > 0,05$).

Franzolin Neto et al. (2000) verificaram em búfalos valores totais de ciliados mais elevados no momento da alimentação, com diminuição até 12 h depois, e sofrendo novo incremento até o momento da realimentação. Nogueira Filho et al. (1999) também trabalhando com ovinos recebendo cana de açúcar suplementada com 2, 4 e 6 g de ureia, relataram crescimento linear positivo para as populações de *Entodinium* e *Diplodinium* e quadrático para *Isotricha* e *Dasytricha*.

Em trabalhos futuros, para melhor esclarecimento da influência do tempo no ciclo diário das populações de protozoários ciliados do rúmen, sugere-se que, além dos tempos amostrados no presente estudo, sejam realizadas pelo menos mais duas amostragens: uma no período das 16 às 18 h após a administração da dieta, e outra às 24 h, completando o ciclo diário.

4. Conclusão

Em todas as dietas, o valor de pH ruminal observado propiciou ambiente adequado para a fermentação ruminal.

A inclusão de 0,5% de ureia na matéria natural da cana de açúcar resultou em taxas de passagem ruminal adequadas.

A suplementação da cana-de-açúcar com a mistura uréia:sulfato de amônio 9:1 não modificou a população de protozoários ciliados do rúmen. Independente do nível de inclusão da mistura uréia:sulfato de amônio 9:1, o gênero *Entodinium* prevaleceu sobre os demais ciliados do rúmen.

5. Referências bibliográficas

- AROEIRA, L. J. M.; LOPES, F. C. F.; DAYRELL, M. S.; et al. Digestibilidade, degradabilidade e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais uréia e do farelo de algodão em vacas mestiças Holandês x Zebu em lactação. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.24, n.6, p.1016-1026, 1995.
- BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformation. *J. Roy. Stat. Soc., Ser.B*, v. 26, p. 211 – 243, 1964.
- CALLAWAY, E. S.; MARTIN, S. A. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.*, v. 80, v. 13, p. 2035–2044, 1997.
- CHURCH, D. C. *El ruminante: fisiologia digestiva y nutrición*. Metabolismo de la proteína en los ruminantes. Zaragoza: ACRIBIA, 1993. p. 255-258.
- COALHO, M. R.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M; CUNHA, J. A.; et al. Estudo dos protozoários ciliados em bovinos consumindo dietas com diferentes níveis de proteína não degradável no rúmen. *A. Scien. Anim. Sci.*, Imprensa, v. 25, p. 193-199, 2003.
- COLUCCI, P.E. *Comparative digestion and digesta kinetics in sheep and cattle*. Guelph:University of Guelph, 1984, 221p. Thesis (Ph.D. Thesis Animal Science) - University of Guelph, 1984.
- COSTA, G. C.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Ver. Bras. Zootec.*, V. 34, n.6, p. 2437-2445, 2005.
- D'AGOSTO, M.; CARNEIRO, M.E. Evaluation of lugol solution used for counting rumen ciliates. *Ver. Bras. Zool.*, v. 16, p.725-729, 1999.
- EARDMAN, R. A.; PROCTOR, G. H.; VANDERSALL, J. H. Effect of rumen ammonia concentration on “in situ” rate and extend of digestion of feedstuffs. *J. Dairy Sci.*, v.69, p.2312, 1986.
- FRANZOLIN NETO, R.; ROSALES, F. P.; SOARES, W. V. B. Efeitos de suplementos energéticos e nitrogenados na dieta sobre a fermentação e a população de protozoários no rúmen de búfalos e bovinos zebuínos. *Rev. Bras. Zootec.*, n. 39, v. 3, p. 234-242. 2010.
- FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T. População protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, n.6. p.1853-1861, 2000.

FRANZOLIN, R.; FRANZOLIN, M. H. T. População de protozoários ciliados e degradabilidade ruminal em búfalos e bovinos zebuínos sob dieta à base de cana-de-açúcar. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 29, n. 6, p.1853-1861, 2000.

GROVUM, W.L., WILLIAMS, V.J. Rate of passage of digesta in sheep. 4.* Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *Br. J. Nutr.*, v. 30, n. 2, p. 313-329, 1973.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.*, v. 69, n. 13, p. 2755-2766, 1986.

IMAZUIZUMI, H. Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína degradável no rúmen sobre o desempenho e parâmetros ruminais e sanguíneos de vacas Holandesas em final de lactação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2000.

KIMURA, F.T.; MILLER, V.L. Improved determination of chromic oxid in cal feed and feces. *Journal Agriculture Food Chemistry*, v.5, n.2, p. 216, 1953.

LENG, R. A. Factors affecting the utilization of "poor-quality" forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nut. Research Rev.*, v.3, p.277-303, 1990.

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

LOPES, F. C. F.; AROEIRA, L. J. M.; ARCURI, P. B.; et al. Efeitos da defaunação em ovinos alimentados com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) adicionada de uréia. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, n. , p.180-188, 2002.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S.; et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *R. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 2, p.591-599, 2006.

MATARAZZO, S. V.; MATTOS, W. R. S; SUCUPIRA, M. C. A.; et al. Teores de uréia em dietas com cana-de-açúcar: fermentação ruminal e concentrações de uréia plasmática em vacas leiteiras. *Bol. Ind. Ani.*, v. 63, n.3, p.143-149, 2006.

MATOS, D. S.; GUIM, A.; BATISTA, A.M.V.; et al. População de protozoários ciliados no rúmen de ovinos criados na caatinga de Pernambuco. *Ver. Bras. S. Prod. Anim.*, v.9, n.2, p. 270-279, 2008.

MATOS, N. J. M.; CASTRO, A. C. G., SILVA, J. F. C.; et al. Níveis de ingestão de alimentos e de uréia em bovinos alimentados com dietas à base de cana-de-açúcar suplementada com farelo de arroz – efeitos sobre alguns parâmetros ruminais. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vid.*, v. 23, n. 1, p. 81-88, 2003.

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. *R. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 2, p.481-492, 2004.

NOCEK, J. E. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *J. Dairy Sci.* V. 80, n.5, p. 1005-1028, 1997.

NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; OLIVEIRA, M.E. M.; FRANZOLIN, R.; et al. Avaliação dos protozoários ciliados no rúmen de búfalos (*Bubalus bubalis* L.) e bovinos (*Bos indicus* L.) em regime de confinamento. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.28, p.243-247, 1991.

NOGUEIRA-FILHO, J. C. M.; OLIVEIRA, M. E. M.; TOLEDO, L. R. A.; et al. Protozoários ciliados no rúmen de zebuínos e bubalinos submetidos a dietas com volumosos e concentrados. *Pesq. Agro. Bras.*, v.33, n.6, p. 993-999, 1999.

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

ORTIZ-RUBIO, M. A.; ØRSKOV, E. R.; MILNE, J.; et al. Effect of different sources of nitrogen on *in situ* degradability and feed intake of Zebu cattle fed sugarcane tops (*Saccharum officinarum*). *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 139, p. 143-158, 2007.

OWENS, F.N.; GOETSCH, A.L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D.C. *The ruminant animal digestive physiology and nutrition*. Englewood cliffs. O& Books Inc., 1988. p.146.

PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SIMAS, J. M. C. et al. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão nos parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana e utilização de nutrientes em vacas lactantes. *C. Anim. Bras.*, v.9, n.1, p. 50-58, 2008.

PRESTON, T. R.; LENG, R. A. Utilization of tropical feeds by ruminants. In: *Digestive physiology and metabolism in ruminants*. Westport: AVI Publishing, 1981. Cap 30, p. 621-640.

PRESTON, T.R. 1986. *Better utilization of crop residues and by products in animal feeding: research guidelines 2. A practical manual for research workers*. S.1. Food and Agriculture Organization of the United States Nations. 154p.

RUSSELL, J. B. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production *in vitro*. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 14, p. 3222-3230, 1998.

RUSSELL, J. B.; WILSON, D. B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *J. Dairy Sci.*, v.79, n. 11, p.1503-1509, 1996.

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

SATTER, L. D, SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *Br. J. Nut.*, v.32, n.2, p.199-208, 1974.

SILVA, D. J.; QUIROZ, A. C. 2002. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p.

SILVEIRA, R. N.; BERCHIELLI, T. T., CANESIN, R. C.: et al. Influência do nitrogênio degradável no rúmen sobre degradabilidade *in situ*, os parâmetros ruminais e a eficiência da síntese de proteína microbiana em novilhos alimentados com cana-de-açúcar. *R. Bras. Zootec.*, v. 38, n. 3, p. 570-579, 2009.

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. *J. Anim. Sci.*, v.70, n.11, p.3561-3577, 1992.

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

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

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 329p.

VALDEZ, R. E. Rumen function in cattle given sugar cane. *Trop. Anim. Prod.*, v. 2, n. 3, p. 260-272, 1977.

VALINOTE, A. C.; NOGUEIRA-FILHO, J. C. M.; LEME, E. R.; et al. Fontes de lipídeos e monensina na alimentação de novilhos nelore e sua relação com a população de protozoários ciliados do rúmen. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 4, p.1418-1423, 2005.

VALVASORI, E.; LUCCI, C. S.; ARCARO, J. R. P.; et al. Avaliação da cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho para vacas leiteiras. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v.32, n.4, p. 224-228, 1996.

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

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

Capítulo 3

EFEITO DA ADIÇÃO DE TEORES CRESCENTES DE UREIA NA CANA DE AÇÚCAR *IN NATURA* EM DIETAS DE VACAS EM LACTAÇÃO SOBRE OS PARÂMETROS PRODUTIVOS, METABÓLICOS E VIABILIDADE ECONÔMICA

1. Introdução

As forrageiras tropicais apresentam elevada produção de matéria seca durante a estação chuvosa do ano. No entanto, na estação fria e seca, a produção de forragem diminui drasticamente. Neste cenário, a cana de açúcar ocupa lugar de destaque, devido à sua utilização ocorrer no período seco do ano, coincidindo com a escassez de produção de forragens de outras gramíneas. Esta cultura é de fácil implantação e manejo, estando disponível grande acervo de tecnologias para obtenção de altas produtividades.

A cana de açúcar é usada mais frequentemente *in natura* e também na forma de silagem e hidrolisada. É um alimento volumoso deficiente em proteínas, mineral e com fração fibrosa de baixa digestibilidade. Entretanto, há tecnologias disponíveis para o balanceamento de dietas para alimentação de diferentes categorias de bovinos, suprimindo insuficiências minerais e proteicas necessárias para uma alimentação balanceada.

As pesquisas brasileiras, visando à alimentação animal com cana de açúcar enriquecida por mistura sulfonitrogenadas (ureia:sulfato de amônio) iniciaram-se durante a década de 60 (Castro, 1967). A partir deste trabalho e dos de Moreira (1983), Vilela et al. (1985) e Moreira e Mello (1986), foi consolidada a clássica recomendação de adicionar 1% da mistura ureia:sulfato de amônio na alimentação diária de bovinos recebendo cana de açúcar. Todavia, tal recomendação feita por esses autores foi para um nível de produção animal que está aquém daquele observado nos atuais rebanhos leiteiros em regime de exploração intensiva. Além disto, estes autores utilizaram bovinos em crescimento e não vacas em lactação. Desta forma, o teor máximo de suplementação com nitrogênio não-proteico para vacas de nível de produção mais elevado, no qual o animal responderá positivamente é questionável, uma vez que o consumo de cana de açúcar e ureia é consideravelmente superior.

Aliam-se a essas afirmativas, os questionamentos feitos por Corrêa (2001), que relatou que os trabalhos com cana de açúcar para vacas em lactação foram realizados com animais de baixa produção, recebendo pequena quantidade de suplementos concentrados e tão importante quanto, com reduzidos valores totais de consumo de alimentos. Nos trabalhos de Castro (1967); Naufel et al. (1969); Paiva et al. (1991); e Alonso e Senra (1992) foram utilizadas vacas com produções médias menores que 15 kg/dia de leite.

Visando obter uma alternativa técnica e economicamente viável, foi proposta modificação na utilização de cana de açúcar e ureia:sulfato de amônia, para vacas leiteiras de maior potencial produtivo, em relação à recomendação tradicional, quando se utiliza cana de açúcar com ureia. As alternativas propostas consistem na redução do teor de ureia, objetivando obter na cana de açúcar um teor de proteína bruta semelhante ao normalmente encontrado na silagem de milho (Carmo, 2005).

É interessante ressaltar que em trabalhos mais recentes realizados por Correa et al. (2003), Magalhães et al. (2004), Carmo et al. (2005), Aquino et al. (2007) e Filgueiras (2009), nos quais se utilizaram vacas de raças leiteiras alimentadas com dietas balanceadas para atender aos requisitos nutricionais diários para elevadas produções, a utilização de cana de açúcar, como volumoso único, suportou níveis de produção leiteira de 22 a 32 kg/dia.

Uma hipótese levantada no trabalho de Mendonça et al. (2004) foi que a adição de 1,0% de mistura ureia:sulfato de amônio à cana de açúcar poderia ser considerada elevada, podendo haver melhor resposta animal com concentrações menores da mistura. Como principal conclusão de seu trabalho, os autores postularam que a correção da cana de açúcar com 0,35% daquela mistura proporcionou a melhor margem econômica bruta entre as dietas, uma vez que não houve diferenças para consumo, produção e composição de leite para dietas com correção de 1,00% ($P > 0,05$).

Foi objetivo deste estudo avaliar o efeito da inclusão de teores crescentes (0, 0,5 e 1,0%) da mistura de ureia:sulfato de amônio na matéria natural da cana de açúcar da dieta de vacas leiteiras, com produção acima de 20 kg de leite, sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite, parâmetros sanguíneos e viabilidade econômica.

2. Material e Métodos

2.1 Local e época do experimento

O experimento foi realizado de julho a outubro de 2007, no Campo Experimental de Coronel Pacheco, de propriedade da Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco/MG.

2.2 Animais, instalações e delineamento estatístico

Foram utilizadas 18 vacas multíparas e seis primíparas da raça Holandês e Holandês x Gir, com produção média inicial de $21,3 \pm 0,8$ kg/dia de leite, peso vivo médio de $580 \pm 18,3$ kg e com 83 ± 7 dias em lactação.

Todas as vacas foram confinadas em curral do tipo *free stall*, com água *ad libitum* e receberam dietas ajustadas para produção de leite diária e peso vivo inicial. As vacas foram individualmente alimentadas em cochos equipados com portões eletrônicos do tipo *calan gate* (*American Calan Inc.*, Northewwod, NH, EUA).

O delineamento experimental utilizado foi ensaio de reversão do tipo *switch-back*, 3 x 3, com seis vacas aleatoriamente (evitando covariância) distribuídas em cada um dos tratamentos experimentais. A distribuição dos animais em cada grupo foi baseada na ordem de parto, produção de leite, composição genética, peso vivo e dias em lactação. A duração dos períodos experimentais foi de 21 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas e sete de coleta de dados/amostras. Dois grupos foram constituídos de vacas multíparas e um grupo com primíparas. Na Tabela 39, está demonstrada a distribuição dos tratamentos.

Tabela 39. Delineamento em ensaio de reversão do tipo *switch-back* 3 x 3*

Períodos	Vacas					
	1	2	3	4	5	6
I	T0 ¹	T0,5 ²	T1,0 ³	T0	T0,5	T1,0
II	T0,5	T1,0	T0	T1,0	T0	T0,5
III	T0	T0,5	T1,0	T0	T0,5	T1,0

¹T0= dietas enriquecidas com 0% de ureia; ²T0,5= dietas enriquecidas com 0,5% de ureia; ³T1,0= dietas enriquecidas com 1,0% de ureia

*Fonte: Sampaio (2002)

2.3 Dietas experimentais

As dietas experimentais basearam-se na utilização de cana de açúcar (RB 73-9735) fresca picada como volumoso único e enriquecida com misturas de 0; 0,5 ou 1,0% de ureia:sulfato de amônio (9:1) em relação à matéria natural. Foram balanceadas com farelo de soja, fubá de milho, caroço de algodão, premix mineral-vitamínico e tamponantes. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas (15,4% de PB) e isoenergéticas (68,9% de nutrientes digestíveis totais - NDT), segundo o NRC (2001), e com concentrações de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) o mais uniforme possíveis, além de igual relação volumoso:concentrado de 50:50% (base matéria seca), conforme apresentados nas Tabelas 40 e 41.

Tabela 40. Composição bromatológica dos ingredientes utilizadas na formulação das dietas experimentais

Composição química (% da matéria seca)	Cana de açúcar	Caroço de algodão	Fubá de milho	Farelo de soja
Matéria seca (%)	29,32	93,64	93,92	95,24
Matéria orgânica	86,43	88,75	92,58	88,53
Proteína bruta	1,99	26,35	8,57	47,32
Fibra em detergente neutro	45,56	42,34	10,85	24,49
Fibra em detergente ácido	27,45	34,47	4,04	15,37
Extrato etéreo	0,86	21,26	1,20	0,86
Cinzas	6,07	4,88	1,34	6,71
Lignina	4,23	4,97	2,91	3,03
CNF ¹	45,52	5,17	78,04	20,62

¹CNF = 100 - (%PB + %FDNcorrigido + %EE + %Cinzas), conforme descrito em Sniffen et al. (1992)

As dietas foram fornecidas na forma de mistura completa (*TMR – total mixed ration*), uma vez ao dia, às 07:00 h da manhã, sendo preparadas em vagão misturador semi-automatizado e computadorizado (DATARANGER[®], American Calan Inc., Northwood, NH), de modo a permitir em torno de 10% de sobras. Durante o dia, as dietas eram constantemente homogeneizadas.

Semanalmente foi analisado o teor de matéria seca da cana de açúcar para ajustar a relação volumoso concentrado em 50:50%.

Tabela 41. Composição de ingredientes e bromatológica das dietas experimentais, baseadas em cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Item	Teores de ureia (% da MN da cana de açúcar)		
	0,0	0,5	1,0
	<i>Ingredientes (% MS)</i>		
Cana de açúcar (RB 73-9735)	50,00	50,00	50,00
Caroço de algodão	6,90	6,90	6,90
Fubá de milho	10,40	15,3	20,35
Farelo de soja	30,25	24,52	18,89
Ureia pecuária	0,00	0,84	1,56
Bicarbonato de sódio	0,75	0,75	0,75
Calcário calcítico	1,00	1,00	0,90
PREMIX Mineral-Vitamínico ¹	0,40	0,40	0,40
Cloreto de sódio	0,30	0,30	0,30
	<i>Composição bromatológica (% da matéria seca)</i>		
Matéria seca (%)	44,9	44,9	44,9
Matéria orgânica	87,59	87,96	86,33
Proteína bruta	16,23	16,89	16,62
Fibra em detergente neutro	33,46	34,75	36,39
Fibra em detergente ácido	23,23	22,94	25,27
Hemicelulose	10,23	11,81	10,81
Celulose	17,13	16,86	18,55
Lignina	4,63	4,51	5,26
Carboidratos não-fibrosos ²	41,43	39,80	38,43
Extrato etéreo	2,35	1,99	2,23
Cinzas	6,52	6,33	6,33
Amido ³	12,36	15,86	19,18

¹PREMIX Mineral-Vitamínico (Composição por Kg): Co 0,200 ppm; Cu 10,000 ppm; Fe 0,105 ppm, I 0,500 ppm, Mn 14,000 ppm, Se 0,290 ppm, Zn 43,000 ppm, Vit. A 12.000.000 UI; Vit. D 3.100.000 UI; Vit. E 75.000 UI; ²CNF = 100 - (%PB + %FDNcorrigido + %EE + %Cinzas), conforme descrito em Sniffen et al. (1992); ³Valores estimados segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Valadares Filho et al., 2006).

2.4 Avaliação do consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

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

Do 15° ao 21° foram feitas amostragens diárias individualizadas das dietas oferecidas, das sobras, bem como da cana de açúcar e ingredientes dos suplementos concentrados. Essas amostras foram armazenadas em congelador (-20°C), sendo posteriormente descongeladas e pré-secadas em estufa de ventilação forçada de ar (55°C, 72 h) e moídas em moinho de

facas tipo *Willey* (peneira com perfurações de 1 mm). Posteriormente, foram feitas amostras compostas por tratamento ou por animal x fase (conforme o tipo de amostra) e analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS) a 105°C, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), celulose, hemicelulose e lignina (Silva e Queiroz, 2002). As concentrações de carboidratos não-fibrosos foram calculadas pela respectivas fórmulas: $[CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%FDN_{\text{corrigido}} + \%Cinzas)]$, conforme descrita por Sniffen et al. (1992).

Os pesos diários das dietas fornecidas e das respectivas sobras individuais, durante cada um dos três períodos de coleta foram utilizados para os cálculos de consumo de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN) e de fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA), segundo a equação:

$$\text{Consumo} = (\text{KGFO} * \%FO) - (\text{KGSO} * \%SO)$$

Em que:

KGFO= quantidade de dieta fornecida, em kg

%FO= concentração do nutriente na dieta fornecida

KGSO= quantidade de sobras retiradas, em kg

%SO= concentração do nutriente nas sobras

Para a estimativa da produção de MS fecal foi utilizado o indicador externo óxido crômico (Cr_2O_3), acondicionado em cápsulas confeccionadas com papel-toalha. Em cada uma das três fases de coletas do ensaio de reversão foram administrados por via oral, durante 11 dias, 10 g/vaca/dia de Cr_2O_3 . Os cinco primeiros dias de fornecimento do Cr_2O_3 foram considerados como período de estabilização do fluxo de excreção do indicador, que foi administrado às vacas em duas doses diárias de 5 g, imediatamente após as ordenhas da manhã (5:30 h) e da tarde (15:00 h).

Coletas individuais de fezes para determinação da concentração de Cr foram realizadas por seis dias consecutivos, a partir do 15º dia, quatro vezes ao dia, a cada 8 h, diretamente na ampola retal das vacas. A cada dia, o horário de coleta foi adiantado em 2 h, de modo que ao final do 6º dia fosse realizada a coleta de duas em duas horas, considerando um período de 24 h. As amostras individuais de fezes foram identificadas, acondicionadas em embalagem plástica e congeladas.

Ao final de cada período, as amostras de fezes foram descongeladas, compostas por animal x fase, pré-secadas em estufa de ventilação forçada de ar (55°C, 72 h), moídas em moinho de facas tipo *Willey* (peneira com perfurações de 1 mm) e analisadas para MS, MO, PB, FDN e FDA (Silva e Queiroz, 2002), e para Cr por espectrofotometria de absorção atômica (Williams et al., 1962), após digestão nitroperclórica (Kimura e Miller, 1957).

Foram utilizadas as seguintes fórmulas para estimar a produção de MS fecal e determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes (MS, MO, PB, FDN e FDA) (Berchielli et al., 2006):

Produção Fecal:

Produção Fecal (kg/dia) = (mg do indicador ingerido por dia / Concentração do indicador nas fezes em mg/kg)

Digestibilidade aparente de um nutriente:

Digestibilidade aparente (%) = consumo do nutriente (kg) / (consumo do nutriente (kg) – excreção fecal do nutriente (kg)) *100

2.5 Produção e composição do leite

As produções de leite foram calculadas utilizando-se os valores obtidos de quatro ordenhas consecutivas do 19º ao 20º dia de cada período de coletas em cada fase do *switch-back*.

Para a avaliação dos teores de gordura, proteína, lactose, extratos secos total e desengordurado, foram coletadas amostras individuais homogêneas de 300 mL de leite em cada uma das quatro ordenhas consecutivas, do 19º e 20º dias de cada período experimental. As amostras foram acondicionadas em recipientes contendo conservante bronopol (2-bromo 2-nitropropano 1,3-diol), na proporção de 10 mg de princípio ativo para 50 mL de leite, e resfriadas a -4°C.

As análises laboratoriais foram realizadas no prazo máximo de sete dias após a coleta, sendo cada ordenha analisada individualmente. Para a obtenção do resultado diário, uma média ponderada foi calculada de acordo com a produção por ordenha. Os resultados médios por período foram obtidos segundo a média aritmética dos resultados médios diários dos dois dias de coleta.

As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, MG). Para estas análises foi utilizado o método de raios infravermelhos proximais, utilizando o aparelho Bentley 2000 (*Bentley Instruments*, Chaska, EUA).

A concentração de nitrogênio ureico no leite (NUL) foi analisada na clínica do leite (Piracicaba, SP). Para essas análises foi utilizado o método Calorimétrico-Enzimático, utilizando o aparelho Chemspec 150 (*Bentley Instruments*, Chaska, EUA).

A produção de leite corrigida para 4% de gordura (LCG) e a produção de leite corrigida para sólidos totais (LCST) foram calculadas, respectivamente, de acordo com as seguintes fórmulas (Tyrrell e Reid, 1965): $LCG = (Produção\ de\ leite \times 0,4) + (Produção\ de\ Gordura \times 15)$ e $LCST = [(12,3 \times produção\ de\ gordura) + (6,56 \times extrato\ seco\ desengordurado) - (0,0752 \times produção\ de\ leite)]$.

2.6 Eficiência alimentar

Com os dados de consumo de nutrientes e de produção e composição do leite, foi estimada a eficiência alimentar para produção de leite, calculada pela fórmula: Eficiência alimentar para produção de leite = kg de leite produzido por dia (corrigido ou não para 4% de gordura) ÷ kg de MS consumida por dia. Para calcular a eficiência de utilização de nitrogênio da dieta em proteína do leite, foi usada a seguinte equação: nitrogênio no leite (proteína do leite/6,38), kg / nitrogênio consumido, kg.

2.7 Bioquímica sanguínea

Antes da primeira alimentação (07:00 h) e 1,5; 3 e 6 h após, foram realizadas coletas individuais de sangue na veia ou artéria coccígea, utilizando vacuntainers de 5 mL com anticoagulante (Fluoreto de sódio – uma gota por amostra de 5 mL) e de 10 mL sem anticoagulante. O sangue foi centrifugado a 5000 rpm por 5 minutos e o plasma sobrenadante congelados a -20° C para posteriores análises químicas.

As análises foram realizadas no Laboratório de Patologia Clínica no Departamento de Cirurgia e Clínica da Escola de Veterinária/UFMG (Belo Horizonte, MG).

Foi realizada a análise das concentrações plasmáticas de glicose, pelo método enzimático da glicose oxidase (LabTest[®] Diagnóstico SA, Lagoa Santa, MG, Brasil). A determinação das concentrações plasmáticas de ureia foram realizadas utilizando-se *kits* colorimétricos (Doles[®], Doles Reagentes e Equipamentos para Laboratórios Ltda, Goiânia, GO, Brasil) seguindo as alterações na técnica propostas por Johnson e Peters (1993).

A análise de insulina foi realizada através de radioimunoensaio, utilizando-se *kit* comercial (Linco Research) para a determinação de insulina suína.

2.8 Variação do peso vivo

As vacas foram pesadas sempre após a ordenha da manhã e antes do fornecimento do trato diário no primeiro dia de cada período do ensaio de reversão.

2.9 Análise da viabilidade econômica

Para análise da economicidade das dietas, foi utilizado o preço médio do leite recebido durante os três meses do experimento, julho a setembro de 2007. O preço dos concentrados foi calculado em função dos preços dos ingredientes que foram comprados em junho de 2007. O preço do volumoso foi uma média dos preços praticados no estado de Minas Gerais (Nata do leite, 2007).

Foi usado o termo “Saldo” em substituição da margem bruta para expressar os resultados, uma vez que estão sendo avaliados somente os gastos com alimentação, não entrando outros itens como mão de obra, medicamentos, etc. Foram utilizados os dados de produção de leite e consumo de matéria natural das dietas para obtenção dos valores de saldo por vaca e por litro de leite.

O custo alimentar por vaca (R\$/vaca/dia), volumoso e concentrado, foi calculado segundo o consumo final de MS de cada dieta. A partir deste valor, foi determinada a quantidade de MS consumida de concentrado (50%) e de volumoso (50%). Posteriormente, chegou-se ao gasto total com alimentação por vaca (R\$/vaca/dia) somando o gasto com volumoso e concentrado. Já o gasto por litro de leite (R\$/litro) foi determinado dividindo o gasto por vaca pela média de produção de cada dieta.

Para determinação dos valores de produção diários (R\$/dia), multiplicou-se a produção média pelo preço do leite. Finalmente, determinou-se o saldo por litro (R\$/litro), subtraindo o preço do leite pelo gasto com alimento (volumoso+concentrado) por litro, e saldo por vaca (R\$/vaca/dia) subtraído o valor da produção diário (R\$/dia) do gasto com alimentação por vaca total (R\$/vaca/dia).

2.10 Análises estatísticas

As variáveis consumo e digestibilidade aparente de nutrientes, produção e composição de leite e produção fecal foram analisadas segundo o ensaio de reversão, com três tratamentos (teores de ureia na matéria natural da dieta), com seis vacas por tratamento em três fases. Para comparação das médias dos tratamentos das variáveis avaliadas no estudo utilizou-se o LSMEANS ($P < 0,05$), sendo que as análises de variância realizadas utilizaram o procedimento GLM do Sas... (2002). As variáveis foram também analisadas por regressão linear, por meio do procedimento REG do Sas... (2002).

Para análise de variância utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + V_j + F_k + e_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = observação no tratamento i na vaca J fase k .

μ = média geral da variável avaliada;

T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 0; 0,5$ e $1,0$

V_j = efeito da vaca j , sendo $j = 1, 2, \dots, 18$;

F_k = efeito da fase k , sendo $k = 1, 2$ e 3 ;

e_{ijk} = erro aleatório, no tratamento i , na vaca j e na fase k .

As variáveis relacionadas à bioquímica sanguínea (concentrações plasmáticas de ureia, glicose e insulina) foram analisadas segundo ensaio de reversão (três tratamentos experimentais, seis vacas por tratamento em três fases) em esquema de parcela subdividida, sendo os tratamentos (teores de ureia na matéria natural da cana de açúcar) alocados nas parcelas principais e os tempos de amostragem (imediatamente antes - 0, e 1,5; 3 e 6 h após a alimentação diária) nas subparcelas. O modelo de análise de variância incluiu os efeitos de tratamento, tempo de amostragem, fase, vaca e interação tratamento x tempo de amostragem, além do resíduo.

Foi utilizado o procedimento MIXED do Sas... (2002), sendo as médias comparadas por meio do LSMEANS ($P < 0,05$).

Para análise de variância das concentrações plasmáticas de glicose, ureia e insulina utilizou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + V_j + F_k + \tilde{y}_{ijk} + H_l + (T_i \times H_l) + e_{ijkl}$$

Onde:

Y_{ijkl} = observação no tratamento i na vaca J fase k no tempo l ;

μ = média geral da variável avaliada;

T_i = efeito do tratamento i , sendo $i = 0; 0,5$ e $1,0$

V_j = efeito da vaca j , sendo $j = 1, 2, \dots, 18$;

F_k = efeito da fase k , sendo $k = 1, 2$ e 3 ;

\tilde{y}_{ijk} = erro parcela

H_l = efeito do tempo de amostragem l , sendo $l = 0; 1,5; 3$ e 6 ;

$T_i \times H_l$ = efeito da interação do tratamento i com o tempo de amostragem l ;

e_{ijkl} = erro aleatório, no tratamento i , na vaca j e no tempo de amostragem l .

3. Resultados e discussão

3.1 Consumo e digestibilidade de nutrientes

O consumo de MS variou de 18,33 a 19,64 kg/dia. As vacas que receberam dieta com 1,0% de ureia apresentaram menores ($P<0,05$) consumos de MS e MO, de 18,33 e 17,03 kg/dia, respectivamente. Para o consumo de MS expresso em porcentagem do peso vivo (%PV), nos tratamentos com 0 e 0,5% de ureia foram observados maiores valores ($P<0,05$), respectivamente, de 3,46 e 3,43% PV, em relação ao obtido para a dieta com 1,0% de ureia (3,24%). Não houve diferença ($P>0,05$) entre tratamentos para os consumos de PB, FDN e FDA (Tabela 42).

O teor de matéria seca da cana de açúcar foi de 29,32%, a relação volumoso:concentrado de 50:50% MS e a inclusão de ureia foi de 0,0; 0,5 e 1% na matéria natural da cana de açúcar. Considerando estes valores, os animais consumiram 33,49; 33,52 e 31,28 kg/dia de matéria natural de cana de açúcar e 0,0; 167,63 e 312,80g/vaca/dia de ureia, respectivamente, para os tratamentos com 0,0; 0,5 e 1,0% de ureia.

A grande limitação nutricional da utilização da cana de açúcar está relacionada à baixa degradação da fibra no rúmen que leva à limitada taxa de reciclagem ruminal de sólidos, e, conseqüentemente, baixo consumo. Neste estudo, os consumos de MS e de FDN em porcentagem de peso vivo foram de 3,38 e 1,12%, representativos de vacas de alta produção de leite e superior a relatos sobre o desempenho de vacas em lactação consumindo dietas com cana de açúcar como volumoso único (Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005 e Alquino et al., 2007).

Tabela 42. Consumos de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de proteína bruta (CPB), de fibra em detergente neutro (CFDN), e de fibra em detergente ácido (CFDA) de dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Variável	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹			EPM ²	Efeito Linear ³
	0,0	0,5	1,0		
	<i>Consumo (kg/dia/vaca)</i>				
CMS	19,64 ^a	19,66 ^a	18,33 ^b	0,2014	0,8207
CMO	18,24 ^a	18,31 ^a	17,03 ^b	0,1842	0,8453
CPB	3,30	3,21	3,05	0,1042	0,9249
CFDN	6,33	6,50	6,32	0,0945	0,4060
CFDA	4,46	4,45	4,72	0,0601	0,1035
	<i>Consumo (% do peso vivo)</i>				
CMS	3,46 ^a	3,43 ^a	3,24 ^b	0,0363	0,5729
CFDN	1,11	1,14	1,11	0,0168	0,8531

¹Médias seguidas de letras distintas nas linhas são diferentes ($P<0,05$); ²EPM= erro padrão da média; ³Valor do P.

Os valores de consumo de MS e de FDN em percentagem de peso vivo observados neste experimento (Tabela 42) também estão próximos aos relatados para dietas a base de silagem de milho. Fato esse que pode estar associado ao melhoramento das qualidades bromatológicas da cana de açúcar associado a boas práticas de manejo, como o tamanho de partícula. Valadares Filho et al. (2006) relataram valores médios de FDN e FDA da cana de açúcar de 57,68 e 34,02 (% MS), respectivamente. Já Campos et al. (2010) relataram valores médios de FDN e FDA da cana de açúcar de 48,87 e 23,67 (% MS), respectivamente. Neste estudo, os valores médios de FDN e FDA da cana de açúcar foram de 45,56 e 27,45 (% MS), valores estes adequados e próximos aos relatados por esses últimos autores.

Uma possível estratégia para evitar o efeito depressor de consumo da cana de açúcar na alimentação de animais mais produtivos, seria fornecer o material com tamanho de partícula reduzido. Esta prática de manejo alimentar favorece o aumento da taxa de passagem da fibra sem prejudicar a utilização da sacarose, já que esta é utilizada rapidamente (Van Soest, 1994).

O menor consumo de MS na dieta com 1,0% de ureia pode estar associado ao odor da amônia no local da alimentação, uma vez que as digestibilidades dos nutrientes foram iguais. Cochos equipados com portões eletrônicos do tipo *Calan gate*, apresentam laterais fechadas o que poderia ter dificultado a passagem de correntes de ar sobre as dietas e, conseqüentemente, dificultado também a dispersão do cheiro da amônia. Todavia, o efeito do odor da amônia sobre o consumo de MS é controverso.

Outro fator que pode ter interferido no consumo de MS é a frequência de alimentação. O fornecimento da dieta apenas uma vez ao dia pode ter favorecido a hidrólise da ureia, principalmente na dieta com 1%, ocasionando maior volatilização de amônia. Recomenda-se fornecer a dieta aos animais pelo menos duas vezes ao dia, principalmente quando se trabalha com dietas de cana de açúcar na forma de dieta total e com alto teor de ureia. Além de hidrólise da ureia, outro problema associado ao fornecimento da dieta apenas uma vez ao dia está associada à fácil fermentação dos carboidratos da cana de açúcar.

Kertz et al. (1977) ao estudaram o efeito de níveis crescentes de amônia (40, 181 e 462 ppm) no meio ambiente durante o período em que as vacas em lactação recebiam o concentrado (durante 30 min, duas vezes ao dia), concluíram que o cheiro da amônia não seria responsável pela rejeição inicial de concentrados contendo ureia. Em trabalho posterior, Kertz et al. (1982) relataram que solução de ureia absorvida em algodão colocada no cocho, não afetou a ingestão de concentrado. Diante dos resultados obtidos nos dois experimentos, esses autores concluíram que o odor (cheiro) da amônia e/ou da ureia não seria responsável pela depressão inicial do consumo de concentrados contendo ureia fornecida em períodos restritos de tempo (30 min).

Ressalta-se que diferente dos modelos experimentais citados acima, no presente experimento, os animais foram expostos ao cheiro da dieta por um tempo maior. Além disso, a ureia foi misturada na dieta total e não apenas no concentrado, que tem menor umidade e maior aceitabilidade.

Em contrapartida, Wilson et al. (1975) atribuíram a redução do consumo de MS em dietas contendo ureia a catabólitos intermediários do metabolismo da ureia. Já Huber e Cook (1972) atribuíram a diminuição no consumo à baixa aceitabilidade da ureia e não aos

efeitos ruminais ou pós-ruminais desta. Segundo Faverdin (2003), o aporte deficiente ou excessivo de proteína degradável no rúmen (PDR) levou à diminuição no consumo por prejudicar a atividade das bactérias celulolíticas ou gerar produção excessiva de amônia, com efeito sobre a motilidade e fermentação ruminal. No presente estudo, o tempo de retenção no trato gastrointestinal foi de 62,3; 61,7 e 74,1 h, respectivamente para as dietas com 0; 0,5 e 1,0% de ureia. O maior tempo de retenção observado na dieta com 1% de ureia é outro fator que possa ter contribuído negativamente no consumo.

Entretanto, Owens e Zinn (1993) comentaram que, ao fornecer dieta com ureia, ocorre diminuição na taxa de hidrólise no decorrer do tempo. Desta forma, o consumo de MS e o desempenho diminuem levemente, por, aproximadamente, um mês, retornando os valores normais após esse provável período de adaptação.

Aquino et al. (2007) relataram consumos de MS, respectivamente, de 16,1; 16,7 e 16,2 kg/vaca/dia, em vacas da raça Holândes, produzindo de 22,4 a 23,4 kg/dia de leite, e recebendo dietas baseadas em 40% de cana de açúcar suplementada com 60% de concentrados (base matéria seca), com inclusão de 0; 0,75 e 1,0% de ureia na MS total.

Os consumos apresentados na Tabela 42 foram superiores aos relatados por Mendonça et al. (2004) e Magalhães et al. (2006). Mendonça et al. (2004) observaram consumos de MS e FDN em porcentagem de peso vivo, de 2,9 e 0,9 % PV. Já Magalhães et al. (2006) observaram consumos de MS e FDN em porcentagem de peso vivo, de 3,27 e 0,98% PV, respectivamente.

Foram estimados o consumo e a porcentagem dos componentes proteicos (Tabela 43), segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Valadares Filho et al., 2006). Segundo o NRC (2001), as exigências de consumo de MS, PB e PDR para esses animais seriam de 17,5; 2,5 e 2,14 kg/dia. Considerando esses valores, o consumo médio de MS (19,21 kg/dia), PB (3,18 kg/dia) e o de PDR (2,34 kg/dia) foram superiores aos recomendados pelo NRC (2001).

Tabela 43. Estimativa do consumo e porcentagem dos componentes proteicos de dietas baseadas em cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Variável	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹		
	0,0	0,5	1,0
Consumo de PB ¹ , kg	3,66	3,67	3,38
Concentração de PB, %	18,63	18,68	18,45
Consumo de PDR ² , kg	2,27	2,42	2,34
Concentração de PDR, %	11,57	12,32	12,77
PDR/PB, %	62,08	65,95	69,21
PNDR ³ /PB, %	37,92	34,05	30,79
Consumo A-PB, kg	0,69	1,09	1,32
Concentração A-PB ⁴ , %	18,96	29,60	39,02

¹PB= proteína bruta; ²PDR= proteína degradada no rúmen; ³PNDR= proteína não degradada no rúmen, ⁴ A-PB= fração A da proteína bruta

De acordo com as exigências do NRC (2001), a percentagem de PB recomendada para os animais deste estudo foi de 14,26 % e a percentagem média de PB das dietas foi de 16,58%, ou seja, 2,32 pontos percentuais maior. Dados de 82 estudos de nutrição proteica foram utilizados pelo NRC (2001) para avaliar mudanças na concentração de PB no que se refere à produção de leite. Observou-se que a produção de leite máxima obtida foi com 23% de PB na dieta, e que ao alterar o teor de PB da dieta de 14 para 18% ocorreu aumento de 2,8 kg/dia. Todavia, ressalta-se que este aumento é decrescente. Desta forma, pode-se inferir que o aumento da percentagem de PB em todas dietas pode ter ocasionado aumento na produção de leite. É importante frisar que os dados de exigências mencionados no NRC (2001) foram obtidos em situações experimentais diferentes.

A fração A (NNP) é a porcentagem da proteína bruta que é composta basicamente por nitrogênio não proteico e que é solubilizada no rúmen instantaneamente no tempo zero, assumido que a mesma tem taxa de degradação infinita (Sniffen et al., 1992). Conforme demonstrado na Tabela 43, o consumo e a percentagem da fração A foi maior na dieta com 1,0% de ureia em função da maior inclusão deste nutriente.

Valores de PB, PDR e fração A elevados na dieta podem ocasionar maior produção de amônia ruminal e possivelmente, maiores perdas pelo organismo de compostos nitrogenados na forma de ureia. Para que essas perdas sejam reduzidas, e que seja maximizado o crescimento microbiano, há necessidade de sincronização, em função do potencial de produção do animal, da taxa de degradação da proteína e dos carboidratos.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre tratamentos para a produção fecal das vacas recebendo dietas baseadas em cana de açúcar fresca picada como volumoso único, e enriquecida com 0; 0,5 e 1,0% de ureia em relação à matéria natural. Os valores médios observados por tratamento foram, respectivamente, de 5,12; 5,66 e 5,26 kg/vaca/dia de MS fecal.

Não foram verificadas diferenças nas digestibilidades aparentes dos nutrientes entre as dietas (Tabela 44). Em contrapartida, o coeficiente de digestibilidade aparente da FDN foi elevado (50,57%) para dietas à base de cana de açúcar. Novamente pode-se atribuir que tal efeito esteja associado à qualidade da cana de açúcar utilizada e adequadas práticas de manejo realizadas. O teor de FDN e lignina da cana de açúcar foram de 45,56 e 4,23; valores estes relativamente baixos associados a bom grau Brix ($^{\circ}$ Brix) de 19,7. Esses resultados são positivos, considerando que um dos fatores limitantes à utilização de cana de açúcar na dieta de vacas leiteiras de alta produção está relacionado à digestibilidade da FDN.

As digestibilidades dos nutrientes obtidas no presente estudo foram superiores àquelas observadas por Mendonça et al. (2004), que trabalharam com vacas Holandês, produzindo 20,1 kg/dia de leite e consumindo 3,1% PV de dietas baseadas em 50% de cana de açúcar como volumoso único, suplementada com 50% de concentrado (base MS), contendo 1% de ureia na matéria natural. Estes autores relataram coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB e FDN, respectivamente, de 69,1; 70,6; 69,0 e 30,9%.

As digestibilidades da MS, MO, PB e FDN observadas no presente estudo também foram superiores àquelas relatados por Pires et al. (2008) que foram de 66,88; 68,02; 78,15 e 44,13%, respectivamente.

Tabela 44. Digestibilidade aparente da matéria seca, da matéria orgânica, da proteína bruta, da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido de vacas em lactação em dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Digestibilidade, %	Nível de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹			EMP ²	Efeito Linear ³
	0	0,5	1,0		
DMS	71,4	70,0	71,2	0,8934	0,0790
DMO	76,8	75,8	75,2	0,7286	0,1619
DPB	74,2	74,5	75,4	0,5387	0,4411
DFDN	50,2	50,8	50,7	0,3113	0,6045
DFDA	33,8	34,4	34,3	0,3113	0,5343

¹Médias seguidas de letras distintas nas linhas são diferentes ($P < 0,05$); ²EPM= Erro padrão da média; ³Valor do P.

O maior coeficiente de digestibilidade dos nutrientes encontrado no presente estudo em relação a outros trabalhos (Mendonça et al., 2004 e Pires et al., 2008) também pode estar associado a um bom equilíbrio dos nutrientes, o que pode ter favorecido a fermentação microbiana.

3.2 Produção e composição do leite

A produção diária de leite, de leite corrigida para 4% de gordura, de leite corrigida para teor de sólidos totais e componentes do leite não foram afetadas ($P > 0,05$) (Tabela 45). A eficiência alimentar para produção de leite foi maior nas dietas com 0,5 e 1,0% de ureia (1,1710 e 1,1717) em relação à dieta com 0% (1,1496) de ureia. Entretanto, não houve diferença na eficiência para produção de leite corrigida para 4,0% de gordura e utilização do nitrogênio.

O consumo de amido nas dietas, estimado segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Valadares Filho et al., 2006), foi de 2,49; 3,12 e 3,52 kg/MS/dia, respectivamente para as dietas com 0, 0,5 e 1,0% de ureia (Tabela 45). Desta forma, um dos possíveis fatores que pode explicar a maior eficiência alimentar para a produção de leite nas dietas com 0,5 e 1,0% de ureia refere-se a maior disponibilidade de amido nestas, que pode ter favorecido melhor utilização de amônia e possivelmente maior síntese de proteína microbiana (Van Soest, 1994).

A utilização de cana de açúcar como volumoso único mostrou-se eficiente para o nível de produção (± 22 kg/dia) das vacas utilizadas no presente estudo. Antes de iniciar o estudo, as vacas eram alimentadas com silagem de milho como volumoso único e apresentavam produção média de 21,3 kg/dia de leite. Ao introduzir as dietas à base de cana de açúcar não houve prejuízo sobre a produção de leite, até mesmo, pequeno acréscimo de 0,6 kg/dia de leite, associado ao aumento dos dias em lactação.

Trabalhando com dietas baseadas em 40% de cana de açúcar suplementada com 60% de concentrados (base MS), contendo 0; 0,75 e 1,5% de ureia na MS total da dieta, Aquino et al. (2007) não relataram diferença ($P > 0,05$) nas produções de leite corrigida ou não para 3,5% de gordura, de gordura e de proteína. Também não houve efeito linear ($P > 0,05$) dos teores de inclusão de ureia sobre as variáveis de produção de leite. Estes autores relataram produções de leite corrigidas ou não para 3,5% de gordura variando, respectivamente, de

20,54 a 21,72 kg/vaca/dia, e de 22,36 e 23,38 kg/vaca/dia. Valores esses próximos aos encontrados no presente experimento, cujas vacas, contudo, receberam 50% de concentrado.

Os valores de produção de leite observados (Tabela 45) foram próximos também daqueles relatados por Mendonça et al. (2004), de 21,3 e 20,1 kg/vaca/dia de leite corrigido ou não para 3,5% de gordura, respectivamente. Esses autores também observaram que o aumento da inclusão de ureia de 0,35% para 1,0% na cana de açúcar (na matéria natural) não afetou a produção de leite (19,0 *versus* 18,6 kg/dia de leite).

Tabela 45. Eficiência alimentar, produção e composição do leite de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Variável	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar) ¹			EPM ²	Efeito Linear ³
	0,0	0,5	1,0		
	<i>Produção (kg/vaca/dia)</i>				
Leite	21,8	21,8	22,1	0,1109	0,5050
Leite corrigido para 4% de gordura	21,0	21,1	21,4	0,1722	0,4276
Leite corrigido para teor de sólidos	20,2	20,1	20,5	0,2091	0,3318
Gordura	0,86	0,86	0,87	0,0097	0,2167
Proteína	0,74	0,74	0,76	0,0095	0,2033
	<i>Eficiência alimentar</i>				
PL ⁴	1,1496 ^b	1,1710 ^a	1,1717 ^a	0,0600	0,2509
Leite corrigido para 4% de gordura ⁵	1,1172	1,1023	1,1109	0,0363	0,3148
N leite/N consumido ⁶	0,2358	0,2359	0,2388	0,0054	0,4835
	<i>Composição (%)</i>				
Gordura	4,06	4,09	4,03	0,0351	0,8007
Proteína	3,46	3,42	3,43	0,0124	0,9108
Lactose	4,62	4,63	4,62	0,0066	0,4187
Extrato seco total	13,17	13,16	13,10	0,0377	0,8633
Extrato seco desengordurado	9,10	9,07	9,08	0,0100	0,8812
Nitrogênio ureico (mg/dL)	18,99	19,90	19,74	0,4173	0,1620

¹Não houve diferença entre tratamentos (P>0,05); ²EPM = erro padrão da média; ³Valor do P; ⁴PL = eficiência alimentar para produção de leite (kg de leite ÷ kg de MS); ⁵PLG = eficiência alimentar para produção de leite corrigida 4% de gordura (kg de LCG4% ÷ kg de MS); N = nitrogênio

Em contraste, Oliveira et al. (2001), Silva et al. (2001) e Oliveira et al. (2004) ao utilizarem 0 a 2,1% de ureia na dieta total de vacas em lactação, descreveram efeito linear negativo do nível de inclusão de ureia sobre a produção de leite, o que foi explicado, nesses casos, pela diminuição no consumo de MS.

Em contrapartida, Cameron et al. (1991) observaram aumento na produção de leite com adição de 0,75% de ureia na dieta total, embora não tenham observado efeito sobre a produção de leite corrigida para 4% de gordura.

A silagem milho é considerada fonte de volumoso de alta qualidade para vacas leiteiras em função das suas características nutricionais, como teor e qualidade da FDN e valor energético. Oliveira et al. (2001) observaram valores de eficiência para produção de leite (Produção de leite / kg MS consumido), em dietas à base de silagem de milho

suplementadas com teores crescentes de ureia na MS total de 1,22; 1,18; 1,20 e 1,24; respectivamente, para as dietas com 0; 0,7; 1,4; e 2,1% de ureia. Estes valores são próximos aos encontrados no presente estudo (Tabela 45), o que demonstra a eficiência da utilização de cana de açúcar para animais com esse nível de produção.

Não houve diferença ($P>0,05$) entre tratamentos em função dos teores crescentes de ureia para os teores de gordura, proteína, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado. Também não foi observado efeito linear ($P>0,05$) da concentração dietética de ureia sobre estas variáveis de composição do leite (Tabela 45). No entanto, a porcentagem de proteína e gordura foram elevadas. Tal fato indica eficiência na fermentação e síntese de proteína microbiana em função do bom suprimento ruminal de energia e nitrogênio, com conseqüente fluxo de aminoácidos essenciais para a glândula mamária.

Aquino et al. (2007) não observaram diferença ($P>0,05$) nos teores de proteína (3,20 a 3,39%), gordura (2,97 a 3,17%), lactose (4,63 a 4,66%) e extrato seco total (11,87 a 12,05%) trabalhando com vacas leiteiras recebendo dietas baseadas em cana de açúcar suplementada com 60% de concentrado (base MS), contendo 0; 0,75 e 1,5% de ureia na MS total da dieta. Exceto pelas concentrações de gordura e extrato seco total no leite, os valores médios obtidos no presente estudo foram próximos dos relatados por estes autores.

Os valores de composição de leite observados no presente estudo também foram próximos daqueles relatados por Mendonça et al. (2004), de 3,9% de gordura, 3,2% de proteína, 12,9% de extrato seco total e de 9,0% de extrato seco desengordurado. Estes autores também não observaram efeito ($P>0,05$) sobre a composição do leite de vacas Holandês, produzindo 20,1 kg/dia de leite e consumindo 3,1% PV de dieta baseadas em 50% de cana-de-açúcar como volumoso único, suplementada com 50% de concentrado contendo 1% de ureia na matéria natural do volumoso.

Carmo (2001) também não encontrou diferença ($P>0,05$) da inclusão de ureia sobre o teor e a produção de proteína do leite. Em contrapartida, Cameron (1991) encontrou aumento na produção de proteína do leite, embora em termos de porcentagem não tenha apresentado o mesmo resultado. Já para a produção e teor de gordura, Carmo (2001) observou aumento no tratamento com ureia. Neste caso, os resultados foram explicados em função do efeito benéfico na degradação da fibra e/ou pelo pH ruminal, que foi mais elevado nas primeiras horas após a alimentação.

Filgueiras Neto et al. (2009) avaliaram a substituição parcial de farelo de soja por ureia de liberação controlada ou não em dietas de vacas girolandas F_1 (média de 28 kg/dia de leite), cujo volumoso único era cana de açúcar, e também não verificaram diferença ($P>0,05$) para as variáveis de composição do leite.

A concentração de nitrogênio ureico do leite (NUL) variou de 18,98 a 19,90 mg/dL, sendo semelhante entre as dietas ($P>0,05$) (Tabela 45). O NUL presente no leite é originado da amônia absorvida pela parede ruminal, convertida em ureia no fígado, ou é, em menor grau, proveniente do metabolismo da proteína absorvida pelos intestinos. Vale ressaltar, que em animais com déficit nutricional, a ureia também pode ser oriunda de proteína do tecido corporal ou aminoácidos absorvidos pelos intestinos que são catabolizados para a gliconeogênese (DePeters e Ferguson, 1992).

Assim, diversos fatores podem alterar a concentração de NUL, dentre estes, o teor de proteína degradável no rúmen. Apesar do tratamento com 1% de ureia apresentar maior teor de proteína degradável, nenhum efeito foi observado sobre o NUL.

Segundo Linn e Olson (1995), concentrações de NUL superiores a 18 mg/dL e proteína do leite acima de 3,2%, representariam excesso de PDR/PNDR em relação ao consumo de carboidratos fermentáveis e energia líquida.

Oliveira et al. (2004) observaram que não houve efeito ($P>0,05$) sobre o NUL (19,17 a 20,48 mg/dL) em função do nível de inclusão de ureia (0,0; 0,7; 1,4 e 2,1% na MS total) em dietas à base silagem de milho fornecidas para vacas mestiças. Todavia, esses valores são considerados altos.

Valores de NUL têm sido usados como instrumentos para monitorar a adequação da nutrição proteica de vacas leiteiras. Broderick e Clayton (1997) analisaram dados de 35 experimentos (482 vacas em lactação) e observaram que o teor de PB da dieta foi o fator que apresentou maior correlação com os valores de NUL ($r^2=0,839$). Já a correlação entre NUL e concentração de amônia foi a menor ($r^2=0,574$) entre os fatores avaliados.

Para as produções de leite e segundo o estágio de lactação que as vacas se encontravam ($DEL \pm 83$), os teores de PB utilizados nas dietas (16,23; 16,89 e 16,62% PB na MS) estão acima do recomendado pelo NRC (2001), que é de 15,43% PB na MS da dieta. Tal fato pode ter contribuído com o aumento dos teores de NUL do leite, já que a concentração de proteína bruta da dieta é um dos principais fatores que influenciam a sua concentração (Broderick e Clayton, 1997).

Contudo, os valores adequados de NUL para vacas em lactação não são fixos, mas variam conforme o estágio de lactação e a produção de leite. Vacas em início de lactação e com produções maiores têm valores adequados de NUL mais elevados do que de vacas em final de lactação com menor produção de leite.

Aquino et al. (2007), embora tenham utilizado teores médios de PB semelhantes aos das dietas do presente estudo (16,3% de PB na MS), relataram concentrações de NUL variando de 17,28 a 17,97 mg/dL. Tais valores são inferiores aos apresentados na Tabela 7, sendo, no entanto, também elevados.

Apesar de não ser avaliado neste tipo de estudo, mas é uma preocupação, é o efeito NUL sobre a eficiência reprodutiva. Butler (1998) verificou que teor de NUL acima de 19 mg/dL ocasionava redução da concentração plasmática de progesterona e alteração do pH do ambiente uterino, relacionando-os como principais causas de redução da fertilidade em vacas leiteiras no início da lactação. Contudo, em estudo mais recente, Beserra et al. (2009) observaram que valores de NUL até 26 mg/dL não afetaram a eficiência reprodutiva de vacas girolandas.

3.3 Parâmetros sanguíneos

Não houve diferença ($P>0,05$) e nem efeito linear dos teores dietéticos de inclusão de nitrogênio não proteico sobre as concentrações médias de ureia, glicose e insulina no plasma sanguíneo das vacas (Tabela 46). Tal fato pode ser atribuído à utilização de dietas isoproteicas e isoenergéticas. No entanto, houve efeito ($P< 0,001$) sobre o tempo de amostragem sobre as concentrações de insulina (Tabela 47).

Tabela 46. Médias das concentrações plasmáticas de ureia, glicose e insulina de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Variável	Teores de ureia, % na MN da cana de açúcar			Dieta	Valor de P	
	0,0	0,5	1,0		Tempo	Dieta x tempo
Ureia (mg/dL)	37,92	37,71	37,49	0,2323	0,7659	0,1423
Glicose (mg/dL)	51,26	51,44	51,15	0,7557	0,5786	0,6708
Insulina (μ .u/mL)	11,33	11,40	11,24	0,1862	0,0006	0,7113

¹Não houve diferença entre tratamentos ($P > 0,05$); ²EPM = erro padrão da média; ³Valor do P

As concentrações de ureia sanguínea têm sido utilizadas para monitorar se o teor de proteína dietético está próximo das exigências do animal, já que o consumo excessivo de proteína bruta pode afetar o desempenho produtivo e reprodutivo do animal, elevando sua exigência em energia, e ainda aumentar o custo da ração (Broderick e Clayton, 1997). Esses mesmo autores observaram que a ureia plasmática está altamente correlacionada ($r^2 = 0,952$) com nitrogênio ureico do plasma (NUP).

Em termos de eficiência metabólica em ruminantes, amônio em excesso é prejudicial, uma vez que é utilizado no fígado para sintetizar ureia. Nesta via metabólica, o organismo gasta energia considerável para produzir a ureia, a fim de evitar a toxicidade por $N-NH_3$ (Swenson e Reece, 1996).

Plumer et al. (1971) e Iamaizumi (2000) também não encontraram variações nas concentrações de ureia plasmática quando compararam farelo de soja e ureia em dietas para vacas em lactação.

Entretanto, Broderick (2003) observaram que a concentração de nitrogênio ureico do plasma foi menor quando a proteína verdadeira foi substituída por ureia, indicando deficiência de proteína degradável no rúmen.

As concentrações de ureia no plasma estiveram dentro da faixa considerada normal, de 20 a 40 mg/dl (Meyer et al., 1995), porém estiveram mais próximos do limite superior. Provavelmente, teores plasmáticos de ureia mais elevados (37,92; 37,71 e 37,49 mg/dL, respectivamente para dietas com 0; 0,5 e 1,0% de mistura de ureia na MN da cana de açúcar) verificados neste experimento foram decorrentes do tempo da coleta das amostras (zero a 6 h após o fornecimento das dietas), o que permitiu valores máximos ou próximos do pico dos teores. As fontes de nitrogênio utilizadas, farelo de soja e ureia, são rapidamente degradadas, liberando amônia no ambiente ruminal que é absorvida, estando presentes na corrente sanguínea em teores máximos ou próximos, dentro de quatro horas após o consumo da dieta (Oliveira et al., 2001).

Staples et al. (1993) concluíram que o melhor horário para se obter valor representativo de ureia no plasma, em vacas leiteiras, está entre 6 e 7 h após a alimentação. Neste estudo, os horários avaliados (0; 1,5; 3,0 e 6,0 horas) foram abaixo do intervalo proposto por aqueles autores.

Além do tempo de amostragem, outro fator muito importante que influenciou os teores elevados de ureia plasmática é a alta concentração dos componentes proteicos,

principalmente a porcentagem de proteína bruta das dietas que possui correlação alta ($r^2=0,837$) com nitrogênio ureico no plasma.

Oliveira et al. (2004) avaliaram o efeito da inclusão de diferentes teores de ureia (0; 0,7; 1,4 e 2,1 na MS total) na dieta de vacas em lactação (média de 21 kg/dia de leite). As amostras de sangue foram coletadas 4 h após o fornecimento da dieta. Os teores plasmáticos de ureia (41,75 a 55,34 mg/dL) foram superiores ao encontrados neste estudo. De forma semelhante, os teores de ureia plasmática não foram afetados pelo aumento das concentrações de nitrogênio não proteico na dieta.

Todavia, vale ressaltar que o teor de ureia plasmática não é um bom indicador de consumo de PB, mas da PB não utilizada. Isso reforça a hipótese de que as vacas do presente estudo não estavam sendo capazes de utilizar parte da PB consumida, uma vez que os valores de ureia plasmática foram elevados.

Os valores observados para concentração plasmática de glicose, 51,26; 51,44 e 51,15 mg/dL, respectivamente para as dietas com 0; 0,5 e 1,0% de ureia, foram próximos dos relatados por Carmo (2001), que trabalhou com vacas Holandês produzindo 19,1 kg/dia de leite, as quais receberam dietas baseadas em 45% de silagem de capim-elefante suplementada com ureia, amireia ou farelo de soja como fontes de nitrogênio. Em contrapartida, esse autor observou efeito ($P<0,05$) do tempo de amostragem sobre as concentrações plasmáticas de glicose, que variaram de 49,4 mg/dL, imediatamente antes do fornecimento da primeira refeição diária (tempo 0), até 55,7 mg/dL, 6 h pós alimentação. As 2 e 4 h foram observados valores semelhantes ($P>0,05$) entre si (respectivamente, 52,1 e 51,2 mg/dL) e diferentes ($P<0,05$) em relação aos tempos 0 e 6 h. Diversos autores avaliaram o uso de ureia (Broderick et al., 1993; Oliveira et al., 2001; Imaizumi et al., 2000) ou amireia (Carmo et al., 2005) na alimentação de vacas em lactação e não relataram alterações na concentração plasmática de glicose. Um fator que poderia afetar a concentração de glicose plasmática no tratamento com 1% de inclusão de ureia seria o consumo de MS. A menor ingestão de MS nesse tratamento poderia promover a menor concentração de glicose sanguínea em função da pequena ingestão e produção ruminal de precursores de glicose. Todavia, nenhum efeito foi verificado.

Mendes et al. (2010) avaliaram o efeito da substituição parcial do farelo de soja por ureia ou amireia na alimentação de cabras em lactação e não verificaram nenhum efeito sobre a concentração plasmática de glicose. Segundo Santos et al. (1998), a manipulação de fonte ou teores de PB na dieta dificilmente afeta os teores de glicose plasmática.

Contudo, segundo o NRC (2001), o excesso de amônia ruminal pode alterar o metabolismo de glicose.

Em ruminantes, tanto a glicose quanto o propionato estimulam a liberação de insulina. A maior concentração de insulina entre os tempos 1,5 e 6,0 (11,44 e 11,67 μ .u/mL) foi reflexo da maior fermentação ruminal e, conseqüentemente, produção de propionato (Tabela 9).

Tabela 47. Efeito do tempo de amostragem sobre as concentrações plasmáticas de insulina de vacas em lactação recebendo dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

Tempo de amostragem	Concentração de insulina (μ .u/mL)	Erro-padrão
0	11,08 ^b	1,80
1,5	11,44 ^{ab}	1,80
3	11,09 ^{ab}	1,80
6	11,67 ^a	1,80

¹Imediatamente antes (tempo 0) e 1,5; 3 e 6 h após a alimentação diária, realizada pela manhã.

A captação e utilização de glicose pelos tecidos periféricos são estimuladas pela insulina, possuindo este hormônio, então, efeitos sobre o metabolismo de carboidratos, lipídeos e aminoácidos (Murray et al., 1994). Por exemplo, a insulina promove a utilização de glicose e a incorporação dos aminoácidos às proteínas (Herdt e Emery, 1992).

O aumento da inclusão de fontes de nitrogênio não-proteico (0; 0,5 e 1,0% de ureia) não afetou as concentrações médias de insulina, fator este que pode ter sido determinante para que nenhuma alteração tenha ocorrido também com as concentrações médias de glicose plasmática. O metabolismo e a concentração deste hormônio estão relacionados.

Faz-se necessário a realização de mais pesquisas para determinar o efeito da inclusão de teores crescentes de ureia na cana de açúcar sobre a concentração plasmática de insulina e seu efeito no metabolismo de vacas em lactação. Dados da literatura que avaliaram o efeito de fontes de nitrogênio não-proteico sobre o metabolismo deste hormônio são escassos.

3.4 Análise da viabilidade econômica

Na Tabela 48 são apresentados os valores da produção, os preços dos concentrados e dos volumosos em função das dietas experimentais. A variação do peso vivo não foi considerada porque não houve diferença ($P > 0,05$) entre as dietas. Todas as dietas foram economicamente viáveis, ou seja, apresentaram saldo positivo. Contudo, a dieta com 1% de ureia apresentou maior saldo por animal em relação as que utilizaram 0 e 0,5% em sua formulação, R\$ 6,36; R\$ 5,63 e R\$ 5,63, respectivamente (Tabela 48). O saldo por vaca na dieta com 1% de ureia foi 11,47% maior do que a dieta com 0% e 10,85% da dieta com 0,5% de ureia.

O maior saldo por vaca na dieta com 1% de ureia em relação às demais está relacionado à maior eficiência alimentar (Tabela 45) neste tratamento e ao menor gasto com concentrado (Tabela 10) em função da inclusão da ureia no mesmo.

Considerando o preço do quilo de proteína bruta da ureia em relação ao farelo de soja, a relação foi favorável à ureia. O quilo de proteína bruta proveniente da ureia foi 65,97% mais barato do que o farelo de soja (Tabela 49).

Tabela 48. Gastos com alimentação e saldo por vaca em dietas à base de cana de açúcar *in natura* como volumoso único e enriquecidas com ureia

	Teores de ureia (% na MN da cana de açúcar)		
	0	0,5	1,0
1.0 Desempenho			
1.1 Produção de leite (kg/dia)	21,9	21,88	22,32
2.0 Consumo da dieta (base na MS)			
2.1 Volumoso corrigido (kg/vaca/dia)	9,82	9,99	9,48
2.2 Concentrado (kg/vaca/dia)	9,82	9,68	8,89
2.3 Relação leite/concentrado (1.1 ÷ 2.2)	2,23	2,26	2,51
3.0 Preço do leite e alimentos			
3.1 Preço do leite (R\$/kg)	0,54	0,54	0,54
3.2 Preço concentrado (R\$/kg)	0,60	0,57	0,55
3.3 Preço cana de açúcar corrigida (R\$/kg)	0,0352	0,059	0,083
4. Gasto com alimentação por vaca			
4.1 Volumoso (R\$/vaca/dia)	0,3457	0,5898	0,7871
4.2 Concentrado (R\$/vaca/dia)	5,8473	5,5522	4,9033
4.3 Total (R\$/vaca/dia) (4.1 + 4.2)	6,1930	6,1420	5,6904
5.0 Gasto com alimentação por litro			
5.1 Volumoso (R\$/litro)	0,0158	0,0270	0,0353
5.2 Concentrado (R\$/litro)	0,2670	0,2538	0,2197
5.3 Total (R\$/litro) (5.1 + 5.2)	0,2828	0,2807	0,2549
6.0 Valores de produção por vaca			
6.1 Valor da produção diário (R\$/dia) (1.1 x 3.1)	11,826	11,8152	12,0528
7.0 Saldo			
7.1 Saldo por litro (R\$/litro) (3.1 - 5.3)	0,2572	0,2593	0,2851
7.2 Saldo por vaca (R\$/vaca/dia) (6.1 - 4.3)	5,6330	5,6732	6,3624

É importante ressaltar que, apesar de não ter acontecido, análises sem considerar a variação de peso vivo (PV) podem induzir a conclusões erradas quanto à melhor dieta a ser usada, pois variações negativas de peso indicam estar havendo mobilização de reservas corporais e, como consequência, afetar o desempenho produtivo e reprodutivo dos animais. Todavia, analisar a economicidade de dietas considerando a variação de PV torna-se complexo devido à própria dificuldade de se medir a variação de PV em experimento de curta duração.

Tabela 49. Valores do quilo de proteína bruta (R\$/kg) da ureia e do farelo de soja

Ingredientes	R\$/kg ¹	MS (%)	MS (R\$/kg)	PB (%)	PB (R\$/kg)
Ureia	1,40	100,00	1,40	281,00	0,4982
Farelo soja	0,66	95,24	0,69	47,32	1,4642

¹Preços reais da compra dos ingredientes utilizados no estudo.

4. Conclusão

A inclusão de 1,0% de ureia diminuiu o consumo de matéria seca e de matéria orgânica da dieta com 1,0% de ureia. Contudo, a eficiência alimentar (produção de leite/ consumo de matéria seca) foi melhor nas dietas que se utilizou ureia, no entanto, não houve diferença entre as dietas para os parâmetros produtivos e metabólicos.

Considerando apenas os gastos com alimentação, todas as dietas apresentaram saldo positivo. Todavia, a dieta com inclusão de 1% de ureia na matéria natural da cana de açúcar foi a que apresentou melhor saldo por vaca.

5. Referências Bibliográficas

ALONSO, J. R.; SENRA, A. Production system for dairy cows without irrigation and whole sugar cane forage supplied during the dry season. Milk production and composition and live weight. *Cuban J. Agric. Sci.*, n.26, p.123, 1992.

AQUINO, A. A.; BOTARO, B. C.; IKEDA, F. S.; et al. Efeito de níveis crescentes de uréia na dieta de vacas em lactação sobre a produção e a composição físico-química do leite. *Rev. Bras. Zoot.*, v.36, n.4, p.881-887, 2007.

BERCHIELLI, T. T.; GARCIA, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudos de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIREZ, A.V.; OLIVEIRA, S.G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 456-475p.

BESERRA, E. E. A.; VIEIRA, J. R.; SOUZA, J. A. T.; et al. Efeito do Nitrogênio Ureico no Leite sobre a Eficiência Reprodutiva de Vacas da Raça Girolando. *Rev. Cient. Prod. Anim.*, v.11, n.1, p. 34-45, 2009.

BRODERICK, G. A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v. 86, n. 7, p.1370-1381, 2003.

BRODERICK, G. A.; CLAYTON, M. K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.*, v.80, n.11, p. 2964-2971, 1997.

BUTLER, W. R. Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, v.81, n.9, p.2533-2539, 1998.

CAMERON, M. R.; KLUSMEYER, T. G.; LYNCH, R.; et al. Effects of urea and starch on rumen fermentation nutriente passage to the duodenum and performance of cows. *J. Dairy Sci.*, v. 74, n. 4, p. 1321-1336. 1991.

CAMPOS, P. R. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMAM, E.; et al. Consumo, digestibilidade e estimativa do valor energético de alguns volumosos por meio da composição química. *Rev. Ceres*, v. 57, n. 1, p. 79-86, 2010.

CARMO, C. A.; SANTOS, F. A. P.; IMAIZUMI, H.; et al. Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia para vacas em final de lactação. *Acta Scie. Anim. Sci.*, v. 27, n. 1, p. 277-286, 2005.

CARMO, C.A. *Substituição do farelo de soja por uréia ou amiréia em dietas para vacas leiteiras em final de lactação*. 2001. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

CASTRO, A.C.G. *Cana-de-açúcar “versus” silagem de milho na produção de leite*. 1967. 37 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1967.

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

CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G. et al. Performance of holstein cows fed sugar cane or corn silages of different grain textures. *Scientia Agri.*, v. 60, n.4, p.621-629, 2003.

COSTA, G. C.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Ver. Bras. Zootec.*, v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.

DE PETERS E. J.; FERGUSON J. D. Non protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *J. Dairy Sci.* v. 75, n. 11, p. 3192, 1992.

FAVERDIN, P.; M'HAMED, D.; VÉRITÉ, R. Effects of metabolizable protein on intake and milk production of dairy cows independent of effects on ruminal digestion. *J. Anim. Sci.*, v. 76, n. 1, p.137-146, 2003.

FILGUEIRAS NETO, G.; REIS, R. B.; SOUSA, B. M. et al. Efeito da substituição parcial do farelo de soja por ureia de liberação controlada ou não no consumo e produção de leite para vacas em lactação alimentadas com dietas baseadas em cana de açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, 2009, Maringá-PR. *Anais...* Maringá-PR, 2009 (CD-ROM).

HERDT, T. H., EMERY, R. S. Therapy of diseases of ruminant intermediary metabolism. *Vet. Clin. Food Anim.*, v. 8, p. 91-106, 1992.

HUBER, J. T.; COOK, R. M. The influence of site of administration of urea on voluntary intake of concentrate by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 55, n. 6, 1972.

IMAZUIZUMI, H. *Avaliação de diferentes fontes e teores de proteína degradável no rúmen sobre o desempenho e parâmetros ruminais e sanguíneos de vacas Holandesas em*

final de lactação. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000. 96p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Luiz de Queiroz, 2000.

JOHNSON, M. M.; PETERS, J. P. Technical note: an improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.753-756, 1993.

KERTZ, A. F.; BROCKETT, M. K.; DAVIDSON, L. E.; et al. Influence of ambient ammonia odor on acceptance of a non-urea ration by lactating cows. *J. Dairy Sci.*, v. 60, n. 5, p. 788-795, 1977.

KERTZ, A. F.; KOEPKE, M. K.; DAVIDSON, L. E. et al. Factors influencing intake of high urea-containing rations by lactating dairy. *J. Dairy Sci.*, v. 65, n. 4, 1982.

KIMURA, F.T.; MILLER, V.L. Improved determination of cromic oxid in cal feed and feces. *J. Agric. Food Chem.*, v.5, n. 2, p. 216-223, 1957.

LINN, J. G.; OLSON, J. D. Using milk urea nitrogen to evaluate diets and reproductive performance of dairy cattle. In 4-State Applied Nutr. and Management Conf., La- Crosse, WI, Univ. of Wisconsin, Madison, WI. 1995, 456p.

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. *R. Bras. Zootec.*, v. 33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MAGALHÃES, A. L. R.; CAMPOS, J. M. S.; CABRAL, L. S.; et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *R. Bras. Zootec.*, v. 35, n. 2, p. 591-599, 2006.

MENDES, C. Q.; FERNANDES, R. H. R.; SUSIN, I.; et al. Substituição parcial do farelo de soja por ureia ou amireia na alimentação de cabras em lactação. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.8, p.1818-1824, 2010.

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. *R. Bras. Zootec.*, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MEYER, D. J.; COLES, E. R. RICH, L. J. Medicina de laboratório veterinário: interpretação e diagnóstico. São Paulo: Roca, 1995. 308 p.

MOREIRA, H. A.; MELLO, R. P. *Cana-de-açúcar e uréia: novas perspectivas para alimentação de bovinos na época da seca*. Coronel Pacheco: EMBRAPA-CNPGL, 1986. 18p.

MOREIRA, H. A. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos. *Inf. Agropec.*, v.9, n.108, p.14-16, 1983.

MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; MAYES, P. A.; RODWELL, V. W. *Harper: Bioquímica*, 7ª edição. São Paulo: Atheneu Editora, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NAUFEL, F.; GOLDMAN, E. F.; GUARAGNA, R. N.; et al. Estudo comparativo entre cana-de-açúcar e silagem de milho, sorgo e capim napier na alimentação de vacas leiteiras. *Bol. Ind. Anim.*, n.26, p.9-22, 1969.

NOGUEIRA, M. P. *Produção de volumosos: condução técnica e custos*. Scott consultoria, 2004a. p. 4-5 (A nata do leite), 78).

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 isoprotéicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-proteicos. *R. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 5, p.1621-1629, 2001.

OLIVEIRA, M. M. N. F.; TORRES, C. A. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Urea for postpartum dairy cows: productive and reproductive performance. *R. Bras. Zootec.*, v. 33, n. 6, p. 2266 – 2273, 2004.

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. *Rev. Soc. Bras. Zoot.*, v.20, n.1, p. 90-99, 1991.

PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SIMAS, J. M. C. ; et al. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão nos parâmetros ruminais e síntese de proteína microbiana e utilização de nutrientes em vacas lactantes. *C. Anim. Bras.*, v.9, n.1, p.50-58, 2008.

PLUMMER, J. R.; MILES, J. T.; MONTGOMERY, M. J. Effect of urea in the concentrate mixture on intake and production of cows fed corn silage as the only forage. *J. Dairy Sci.*, v. 54, n.12, p.1861-1865, 1971.

SAMPAIO, I. B. M. 2002. *Estatística Aplicada à Experimentação Animal*. Belo Horizonte, FEPMVZ Ed. Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.

SANTOS, F. A. P.; SANTOS, J. E.; SILVA, R. M. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cows performance: A 12-year literature review. *J. Dairy Sci.*, v. 81, n. 12, p. 3182-3213, 1998.

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

SILVA, D. J.; QUIROZ, A. C. 2002. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p.

SILVA, R. M. N.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 5, 2001.

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. *J. Anim. Sci.*, v.70, n.11, p.3561-3577, 1992.

STAPLES, C. R.; GARCIA-BOJALIL, C.; OLDICK, B. S.; et al. Protein intake and reproductive performance of dairy cows: a review, a suggested mechanism, and blood and milk urea measurements. In: ANUNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPSIUM, 4, 1993, Gainesville. *Proceedings ...* Gainesville: University of Florida, 1993. p. 37-52.

SWENSON, M. J; REECE, W. O. *Dukes-Fisiologia dos Animais Domésticos*. 11 ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro. 1996, 856 p.

TYRREL, H. F.; REID, J. T. Prediction of energy value of cows milk. *J. Dairy Sci.*, v. 48, n. 9, p. 1215-1223, 1965.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNOR, V. R.; et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 329p.

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

VILELA, H.; SILVESTRE, J. R. A. *Uréia*. Informe Técnico-EMBRATER/EMATER-MG, 1985, 37p.

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

WILSON, G.; MARTZ, F. A.; CAMPBELL, J. R.; et al. Evaluation of factors responsible for reduced voluntary intake of urea diets for ruminants. *J. Anim. Sci.*, v. 41, n. 3, p. 1431-1437, 1975.

6. Conclusão geral

Em todas as dietas, o valor de pH ruminal observado propiciou ambiente adequado para a fermentação ruminal.

Os parâmetros produtivos e metabólicos das dietas com 0; 0,5 e 1,0% de ureia não diferenciaram. Contudo, a dieta com inclusão de 1,0% de ureia na matéria natural da cana de açúcar foi a que apresentou melhor saldo positivo por vaca.

Desta forma, para vacas com produção média de leite de 22 kg/dia, cana de açúcar pode ser enriquecida com 1% de ureia na matéria natural.