

CLÁUDIO SAMARA DOS REIS

SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO, UTILIZANDO
VOLUMOSOS ASSOCIADOS A CONCENTRADOS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DA PROTEÍNA

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

CLÁUDIO SAMARA DOS REIS

SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO DE VACAS EM LACTAÇÃO, UTILIZANDO
VOLUMOSOS ASSOCIADOS A CONCENTRADOS COM DIFERENTES
NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO RUMINAL DA PROTEÍNA

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

APROVADA EM: 28 de fevereiro de 2003.

Prof. Ricardo A. Mendonça Vieira
(Conselheiro)

Prof. Sebastião Teixeira Gomes
(Conselheiro)

Prof. Augusto César de Queiroz

Prof. Marcelo Teixeira Rodrigues

Prof. José Carlos Pereira
(Orientador)

"Agradar, não consegui ainda o segredo de acertar sempre. O de fracassar, entretanto, já descobri: é tentar agradar a todos ao mesmo tempo."

(John Kennedy)

Aos meus pais.

Aos meus irmãos, sobrinhos, tios e cunhadas.

À minha namorada Rosilene.

Aos meus filhos Gustavo e Tiago.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, representado dignamente pelo seu diretor, Professor Ivan Chaves de Magalhães, pelo apoio por mais um objetivo alcançado.

Ao Professor e orientador José Carlos Pereira, pela amizade, pelo ensino e pela orientação nas atividades desenvolvidas.

Ao conselheiro Professor Sebastião Teixeira Gomes, pela amizade, orientação e interpretação dos resultados.

Ao Professor Ricardo Vieira, pelos conselhos, pelas críticas, pelas sugestões e pelos auxílios laboratoriais e estatísticos.

Aos Professores Augusto César de Queiroz e Marcelo Teixeira Rodrigues, pela participação na banca examinadora desta tese.

Ao Professor Antônio Carlos Dal`acqua da Silva, pela concessão do Laboratório de Solos do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí e pelo auxílio nas análises laboratoriais e nas correções da tese.

Ao Professor Flávio de Vasconcelos Godinho, pelo empréstimo da sala e do computador, pela convivência e pela troca de experiências.

Aos Professores do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí José Aparecida Bahia, pelo incentivo; e Antônio Athayde, Cláudia, Jacob, Êner Coelho, Sebastião Ananias e Osmar Benevenuto, pelo apoio durante os trabalhos de campo.

Ao coordenador do Serviço de Alimentação, Professor Milton de Oliveira, pela autorização para eu freqüentar o Refeitório do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí.

Aos funcionários do Refeitório do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, efetivos e terceirizados, dignamente representados pelos senhores Edílson e Antônio, pelo fornecimento das refeições e pelos momentos de descontração.

Aos demais funcionários da empresa Ypiranga, nas pessoas de Mauro Galvão, Sílvia de Oliveira Leite e Sandro Robson Martins, pelo auxílio na execução do experimento.

Aos assistentes de aluno Antônio Claré, Irineu e Ronaldo, pelo apoio.

Aos profissionais do Serviço de Segurança da empresa UNISERVE, dignamente representados por Lécio Garcia da Silva, por acompanharem a normalidade do experimento.

Aos estudantes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí Alexandre Henrique de Oliveira (Fuminho), Geraldo Eustáquio Rodrigues da Silva (Revengar), Ismael Antônio de Carvalho (Tareco), André Pereira Caixeta (Sucuri), Antônio Carlos Ramos (Xupeta), Dirceu José do Couto (Bradok), Elias Vieira da Silva (Pirilampo), Geraldo Antônio França de Almeida (Mancozeb), João Paulo Corrêia Siqueira (Sinistro), Sidnei Magal Silva (Nescal), Túlio Garcia Macêdo (Micôco) e Vinícius Garcia Macedo (Cocada), pelo auxílio na execução do experimento de campo.

Aos meus filhos Gustavo Chaves dos Reis e Tiago Chaves dos Reis, pela ajuda e pelo incentivo e apoio em todas as fases operacionais deste trabalho.

Aos Senhores João Tunico, pelo empréstimo do desintegrador de milho; e Francisco Manuel de Souza (Chico), gerente da empresa INAGRO, pelo fornecimento de cana-de-açúcar.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, dignamente representados por Faustino Pereira Monteiro, do Laboratório de Nutrição

Animal; José Venâncio dos Santos, do Setor de Serviços Didáticos; e Maria Celeste Ottomar da Silva, da Secretaria da Pós-Graduação, pela atenção.

Aos meus amigos de república Kafezinho, Juarez, Mequetrefe, Renato, Katira e Pingüim, pela amizade e pelo convívio.

Aos estudantes Frajola e Ti boca, pela convivência.

Aos meus amigos e colegas Luciano Cabral, Bevaldo, Luciana, José Carlos, André (Andrezão), Edênio e Joanis, pelo enriquecimento pessoal e intelectual proporcionado por meio das trocas de idéias acadêmicas e profissionais.

Aos meus companheiros e amigos Cláudio Vieira e Kelvin, pelo auxílio na concretização deste trabalho.

À minha namorada Rosilene Antonio Ribeiro, pela compreensão, pela ajuda e pelo apoio na conclusão desta pesquisa.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a conquista deste objetivo.

BIOGRAFIA

CLÁUDIO SAMARA DOS REIS, filho de Antônio Antunes dos Reis e Maria Efigênia dos Reis, nasceu em Raul Soares, Minas Gerais, em 20 de maio de 1959.

Em agosto de 1984, graduou-se em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

No período de 1984 a 1986, trabalhou nas Cooperativas dos Produtores Rurais de Pains LTDA. e Agropastoril e Industrial de Bambuí LTDA., desenvolvendo atividades de extensão rural, clínica e cirurgia a campo.

Em 1994, fez o Curso de Pós-Graduação “LATO SENSU” em Administração Rural pela Universidade Federal de Lavras e concluiu o Curso de Licenciatura Plena pela Universidade do Trabalho de Minas Gerais.

De 1986 a 1995, trabalhou como autônomo nas regiões de Bambuí e Nova Serrânea, concentrando suas atividades na área de Produção de Bovinos Leiteiros.

Em 1995, ingressou na Escola Agrotécnica Federal de Bambuí, atual Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, inicialmente como Médico-Veterinário, passando, após seis meses, ao cargo de Professor de 1º e 2º graus.

Em agosto de 1997, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia na UFV, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2000.

Em março de 2000, ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia da UFV, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2003.

Atualmente, é Professor e Coordenador de Produção e Pesquisa do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xiv
INTRODUÇÃO	1
Desempenho Produtivo de Vacas Leiteiras Recebendo Silagem de Milho, Capim-elefante ou Cana-de-açúcar, Suplementados com Concentrados com Diferentes Níveis de Proteína Não Degradada no Rúmen.....	5
RESUMO.....	5
ABSTRACT	7
Introdução	9
Material e Métodos.....	13
Resultados e Discussão	24
Conclusões.....	47
Referências Bibliográficas	48
Determinação da Energia Líquida (Manutenção e Produção) das Silagens, de Milho e de Capim-elefante, e da Cana-de-açúcar para Vacas Leiteiras.....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT	55

	Página
Introdução	57
Material e Métodos	59
Resultados e Discussão	61
Conclusões.....	69
Referências Bibliográficas	70
Níveis de Metabólitos em Vacas Recebendo Volumosos Suplementados com Concentrados Contendo Fontes Protéicas de Diferentes Degradabilidades no Rúmen.....	72
RESUMO.....	72
ABSTRACT	74
Introdução	76
Material e Métodos	79
Resultados e Discussão	82
Conclusões.....	94
Referências Bibliográficas	95
Custo de Produção do Leite em Sistema de Alimentação com Diversos Volumosos, Suplementados com Concentrado, Contendo Fontes Protéicas de Diferentes Degradabilidades no Rúmen.....	98
RESUMO.....	98
ABSTRACT	100
Introdução	102
Material e Métodos	103
Resultados e Discussão	110
Conclusões.....	120
Referências Bibliográficas	121
RESUMO E CONCLUSÕES	123
APÊNDICES.....	127
APÊNDICE A.....	128
APÊNDICE B.....	132
APÊNDICE C	143

RESUMO

REIS, Cláudio Samara dos, D. S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Sistemas de alimentação de vacas em lactação, utilizando volumosos associados a concentrados com diferentes níveis de degradação ruminal da proteína.** Orientador: José Carlos Pereira. Conselheiros: Ricardo Augusto Mendonça Vieira e Sebastião Teixeira Gomes.

O objetivo deste trabalho foi estudar a viabilidade técnico-econômica do uso, na alimentação de vacas leiteiras, de volumosos associados a concentrados com diferentes quantidades de proteína não degradada no rúmen (PNDR). Foram analisadas a utilização dos constituintes da ração para produção de leite; a energia líquida (manutenção e produção) – ($[EL_{m+p}]$) – dos volumosos, bem como a eficiência bruta na utilização da energia metabolizável aparente da ração para produção de leite; o comportamento nictemeral do nitrogênio amoniacal ruminal; e os teores dos metabólitos sanguíneos, urinários e do leite. Também foram feitas validações de modelos empíricos, de predição da $[EL_{m+p}]$ dos volumosos, e do Sistema Cornell (CNCPS 4.0). Por último, analisou-se o desempenho econômico das vacas, em sistema semi-extensivo. O trabalho foi executado nas dependências do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí, em Bambuí, MG, entre 7/abril e 5/agosto de 2001, usando-se rações com silagem de milho e concentrado convencional (SMC), silagem de capim-elefante (SCE) e cana-de-açúcar (cana) com

concentrado, variando-se o teor de PNDR. Utilizaram-se 10 vacas, com graus de sangue entre 3/4 e 15/16 holandês-gir, alimentadas em baias individuais e ordenhadas duas vezes ao dia. Durante aquele período, foram coletadas amostras da ração e seus ingredientes, leite, fezes, urina e sangue, bem como feitas as pesagens dos animais, do leite, da ração e das sobras. Ao final do experimento, coletou-se amostra de fluido ruminal das vacas, a fim de conhecer o perfil nictemeral do nitrogênio amoniacal ruminal por tratamento. As taxas de passagem de sólido e líquido foram determinadas, também, fora do período experimental. Determinaram-se os consumos de matéria seca e constituintes da ração; a degradações e escapes ruminal de proteína e de carboidrato; a digestão total dos constituintes da ração; a produção, composição química e energia bruta do leite; e os teores de N-uréia, glicose e creatinina do sangue e N-uréia da urina e do leite. Calcularam-se o consumo de energia líquida (manutenção e produção) dos volumosos e a eficiência energética bruta da ração para lactação. Utilizando os modelos matemáticos propostos por Moe et al. (1972), Mertens (1987), Chandler (1990), Boever et al. (1999) e NRC (2001), obtiveram-se as estimativas do consumo de $[EL_{m+p}]$ dos volumosos. Estimaram-se, com o auxílio do “software” CNCPS 4.0, consumo de matéria seca indigerível da ração (proteína, carboidrato, gordura e cinzas) e de nutrientes digeríveis totais e a produção e teor de N-uréia do leite. As validações dos estimadores de $[EL_{m+p}]$ dos volumosos das fontes citadas e do CNCPS 4.0 foram feitas por meio da análise dos modelos de regressão dos valores observados x preditos. Os dados de desempenhos alimentar e produtivo das vacas e as análises de preços e de utilização dos recursos (operacionais e fixos) da Unidade de Ensino e Produção do CEFET – Bambuí foram empregados para determinar a renda bruta, o equivalente produzido em leite, os custos e as margens. Dessas determinações, geraram-se o custo médio do leite e os lucros. Para analisar a sensibilidade do retorno sobre o capital investido neste sistema, com ração à base de cana/CPDR, simularam-se diferentes cenários de produtividade da cana e preços do farelo de soja e milho, assim como da variação percentual dos custos de produção da soja e do milho. Analisaram-se também, com relação às cinco modalidades de rações, cenários de preços e variações percentuais da escala de produção do leite. Com base nos resultados, concluiu-se que a ração à base de silagem de milho

com concentrado convencional, em comparação às outras rações, teve a mesma eficiência energética para leite, como também desempenhos econômicos próximos. A ração à base de SCE, em relação à de cana, apresentou a mesma eficiência energética para leite e desempenhos superiores, e também econômicos, na produção de leite e de seus constituintes. A suplementação das rações à base de SCE e cana, com CPNDR, reduziu a conversão alimentar de leite e, na SCE, aumentou os desempenhos produtivos (leite e constituintes) e econômicos. Os modelos matemáticos de EL_{m+p} estudados não se ajustaram em prever a $[EL_{m+p}]$ dos volumosos, enquanto o CNCPS 4.0 o fez com relação ao consumo de matéria seca, aos indigeríveis, aos teores de nutrientes digeríveis totais aparentes da ração e, no leite, ao teor de N-uréia.

ABSTRACT

REIS, Cláudio Samara dos, D. S., Universidade Federal de Viçosa, February 2003. **Feeding Systems of cows in lactation, using forages associated with concentrates at different levels of ruminal degradation of the protein.** Adviser: José Carlos Pereira. Committee Members: Ricardo Augusto Mendonça Vieira and Sebastião Teixeira Gomes.

The objective of this work was to study both the economic and technical feasibility by using, in the feeding of the dairy cows, forages associated with concentrates at different levels of undegraded protein in the rumen (CUPR). The ration representatives used for the milk production; the net energy (maintenance and production) - ($[NE_{m+p}]$) - of the forages as well as the gross efficiency in the use of the apparent metabolizable energy of the ration for the milk production; the nicyterohemeral behavior of the ammoniacal ruminal nitrogen; and the contents of the blood metabolites, of the urinary and of the milk were evaluated. The validations of empiric models of prediction of the $[NE_{m+p}]$ of the forages and of the System Cornell (CNCPS 4. 0) were also done. After that, the economical performance of the cows was analyzed in semi-extensive system. The work was executed in the facilities of the “Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí”, from 04/07 to 08/05/2001, in which was used rations with corn silage and conventional concentrated (CSC), elephant grass silage (EGS) and sugar cane (cane) with concentrate, varying in

the UPR contents. Ten crossbreed cows (3/4 to 15/16 Holstein-Gir) fed in individual stalls and milked twice a day were used. From 04/07 to 08/05/2001 samples from the ration and its ingredients, from the milk, from the feces, from the urine and blood were collected. The animals, milk, ration and surpluses were weighed. For each treatment, by the end of the experiment, ruminal fluid samples of the cows were collected, to be determined the nitrogen nicyterohemeral profile in ammonia form. After the experimental period it was also determined the rates of solid and liquid passages. The intakes of the dry matter and the ration constituents; ruminal degradations and ruminal escapes of the protein and of the carbohydrate; the complete digestion of the representatives of the ration; production, chemical composition and gross energy of the milk; and N-urea, glucose and creatinine contents from the blood and, N-urea content from the urine and from the milk were determined. The intakes of net energy (maintenance and production) of the forages and the gross energy efficiency for lactation of the ration were calculated. It was used the mathematical models proposed by Moe et al. (1972), Mertens (1987), Chandler (1990), Boever et al. (1999) and NRC (2001), in order to obtain intake estimates of $[NE_{m+p}]$ of the forages. Estimates were made from the dry matter intake, from the indigestible part of the ration (protein, carbohydrate, fat and ashes) and from the forages (fraction C the protein e carbohydrate), from the total digestible nutrients, from the production and content of N-urea of the milk, in which the "software" CNCPS 4.0 was used. The validations of the mathematical models $[NE_{m+p}]$ of the forages of the sources mentioned above, and of CNCPS 4.0 were done through the analyses of the regression models of the observed x predicted values. The data from both alimentary and productive performance of the cows and the analyses of the prices and the use of the resources (operational and fixed ones), in the CEFET- Bambuí Teaching and Production Unit were used to determine the gross income, the equivalent produced in milk, the costs and the margins. Based on these determinations, the average cost of the milk and the profits were obtained. In order to analyze the sensibility of the return on the invested capital in the semi-extensive system, with ration based on cane and prepared concentrate with degraded protein in the rumen simulations were made in different sceneries: cane productivity, soybean meal and corn prices as well as of the percentile variation of the costs

of the soybean and corn productions. It was used five modalities of rations to analyzed both price and percentile variations of the scale of production sceneries of the milk. Based on the obtained results, it was concluded that the ration based on the corn silage with conventional concentrate, compared to the other rations, had the same energetic efficiency for milk as well as relatively similar economical performance. The ration based on EGS, compared to the cane, presented the same energetic efficiency for milk and superior performances in the milk production and its representatives as well as in the economical field. The supplementation of the rations based on EGS and cane with CUPR reduced the milk alimentary conversion and in the EGS, it increased the productive (milk and constituent) and economical performances. The NE_{m+p} mathematical models were not adjusted in predicting the $[NE_{m+p}]$ of the forages. The CNCPS 4.0 adjusted in the predictions: the dry matter intake, the indigestible, the contents of apparent total digestible nutrients of the ration and the content of N-urea in the milk.

INTRODUÇÃO

O desempenho produtivo da vaca leiteira está relacionado, em grande parte, com o consumo dos alimentos e a eficiência alimentar da ração. A resposta animal pode ser simulada por meio de modelos que consideram o clima, o manejo, o alimento e o animal. Por meio desses modelos, as avaliações prévias das contribuições nutricionais dos alimentos em diferentes sistemas de produção tornam-se práticas.

No Brasil, sistemas de produção em regime de confinamento e semiconfinamento utilizam, com frequência, a silagem de milho, a cana-de-açúcar (cana) e o capim-elefante na alimentação de vacas leiteiras. Independentemente do sistema, os volumosos têm papel relevante, e suas limitações estão relacionadas com o consumo de matéria seca e a disponibilidade dos nutrientes, que determinam os desempenhos produtivo, reprodutivo e econômico dos animais. As restrições se devem à qualidade e quantidade de fibra nessas forrageiras, a qual, ao resistir a trituração mecânica, pela mastigação e ruminação, e a degradação biológica, permanece no compartimento ruminal por um período de tempo maior que o das forrageiras temperadas. Somando-se a isso, na época de escassez de chuvas, de abril a setembro, a temperatura média encontra-se abaixo de 25 °C, o que restringe a produção de forragem num patamar abaixo das necessidades de consumo dos animais.

A cana, entretanto, no referido período apresentou potencial energético estável, comportando-se como uma silagem natural. Sua composição bromatológica sofre poucas variações, e sua utilização pode ser otimizada por meio da implantação diferenciada de variedades precoces, semiprecoces e tardias em relação ao seu florescimento.

O capim-elefante e o milho para silagem estão disponíveis na época em que há excesso de forragem. Seus valores nutricionais, superiores ao da cana, variam com o estágio de crescimento das plantas. Diferentemente do capim-elefante, o melhor valor nutricional do milho para silagem se dá na fase de frutificação (formação da espiga), e o seu cultivo cíclico é vulnerável a variações climáticas.

A silagem de milho tem sido o principal volumoso utilizado para vacas de alta produção, tanto em países de clima temperado quanto de clima tropical. O teor energético dessa forragem está na dependência da quantidade e do grau de maturação dos grãos por unidade de massa no momento da colheita. Diferentemente da silagem de milho, a cana e o capim-elefante não têm potencial relativo de fornecer compostos gliconeogênicos pós-rúmen.

A grande importância do ruminante está na sua capacidade de utilização de alimentos fibrosos e subprodutos da agroindústria, possibilitando, de certa forma, aumentar a oferta de alimentos para a espécie humana sem concorrer com ela. Nesse sentido, o grande desafio das pesquisas está em manipular a fermentação no rúmen, modificando determinados padrões a fim de torná-la mais eficiente.

A proteína não degradada no rúmen (PNDR) é o resultado das interações das taxas de passagem e da degradação microbiana dos alimentos em nível ruminal. Dessas interações resultam os suprimentos protéicos do animal em proteína metabolizável de origens microbiana e alimentar.

O benefício da PNDR sobre a produção e composição química do leite é bem conhecido. Nutricionalmente, recomenda-se a complementação da proteína metabolizável microbiana para vacas produzindo acima de 20 kg dia⁻¹ de leite em regime de confinamento total. Do consumo de proteína bruta da ração, a proteína verdadeira potencialmente degradável, juntamente com o nitrogênio não-protéico e o N-uréia de reciclagem endógena, é utilizada pela biomassa ruminal, de acordo com o suprimento de energia dos carboidratos.

Tecnologias como o uso do calor ou de substâncias químicas como o formaldeído, que modificam a degradação da proteína verdadeira no rúmen, são utilizadas pela indústria de rações, principalmente em alguns países de pecuária avançada, para fontes protéicas de alta qualidade.

As fontes protéicas de origem animal são naturalmente ricas em PNDR, em razão dos processamentos visando à conservação. No entanto, na atualidade, por determinações legais do serviço de defesa sanitária do Brasil, as farinhas de origem animal não são liberadas para uso em alimentação de bovinos, à exceção da farinha de peixe.

O item alimentação normalmente representa em torno de 40 a 70% do custo total de produção do leite; em parte, devido às baixas produtividades e à qualidade nutricional dos alimentos volumosos, como também à utilização inadequada do concentrado.

O custo associado ao transporte do capim-elefante da capineira para o cocho é de aproximadamente 66% em relação ao pastejo, e a inclusão de concentrado acima de 40% reduz a digestibilidade de sua fração fibrosa.

A produção média de leite por produtor, no Brasil, é por volta de 50 L dia⁻¹ e, ainda, não atende à demanda do mercado. Tal nível de produção tem contribuído para o abandono da atividade por parte de muitos indivíduos, pela falta de eficiência e oferecimento de um produto de qualidade. Maior rentabilidade na atividade leiteira é conseguida com produtividade e escala de produção combinada com o potencial produtivo dos fatores de produção, sobretudo aqueles investidos em custos fixos, o que ainda requer investigação direcionada para os diferentes sistemas de produção brasileiros.

Antever, por meio de simulações, a eficiência na utilização dos nutrientes da ração sem agredir a saúde da vaca e o meio ambiente interessa aos produtores e, logicamente, possibilita a eles a obtenção de maiores retornos financeiros.

Trabalhos envolvendo custos embasados no aspecto nutricional dos alimentos em sistema semi-extensivo são raros na literatura brasileira. Portanto, estudos dessa natureza permitirão questionar qual volumoso poderá proporcionar melhores respostas quando associado à determinada fonte de proteína do concentrado, pela otimização da fermentação de carboidratos e do crescimento microbiano no rúmen.

Esta pesquisa objetivou estudar a viabilidade técnico-econômica de alimentar vacas em lactação utilizando diferentes volumosos associados à ração concentrada contendo fontes de proteína de alta e baixa degradabilidades ruminais, bem como efetuar simulações para validar o sistema de avaliação de alimentos e de exigências nutricionais desenvolvido na Universidade de Cornell (CNCPS 4.0).

Desempenho Produtivo de Vacas Leiteiras Recebendo Silagem de Milho, Capim-elefante ou Cana-de-açúcar, Suplementados com Concentrados com Diferentes Níveis de Proteína Não Degradada no Rúmen

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi determinar o consumo de alimento, as degradações e escapes ruminais dos nutrientes da ração e digestões totais dos constituintes da ração, como também a produção e composição químicas do leite. Foram utilizadas cinco rações experimentais à base de silagem de milho com concentrado convencional (SMC) e à base de silagem de capim-elefante (SCE) e cana-de-açúcar (cana), ambas misturadas a concentrados com fontes de proteína de alta (CPDR) e baixa (CPNDR) degradabilidades ruminais. Os fluxos de sólidos foram estimados utilizando fibras mordantadas das silagens de milho e do capim-elefante, da cana e do farelo de soja. Já os fluxos da fração líquida foram por meio do cobalto complexado com o EDTA. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em quadrado latino 5 x 5 repetido no tempo. Os dados de consumos, degradações e escapes ruminais, digestão total e produção e composição do leite foram submetidos às análises de variância, sendo estabelecidos os seguintes contrastes ortogonais das médias: SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR e cana/CPDR x cana/PNDR. No contraste SMC x DEMAIS, os consumos de matéria seca da ração, volumoso e concentrado não se alteraram. Já os consumos dos constituintes da ração foram superiores em 10,99 e 12,97% na fibra em detergente neutro (FDN) da ração e do volumoso, respectivamente, e inferiores em FDN indigerível (FDN_i), proteína bruta (PB) e suas frações B₁ e B₂, enquanto com relação ao carboidrato não se alterou, exceto suas frações B₁ e B₂, que foram superiores. Nas degradações da PB e suas frações houve redução, exceto a fração A, que foi superior em 29%. O carboidrato e suas frações B₁ e B₂ foram mais degradadas; a fração A foi menos (57,4%). Da proteína, apenas a fração B₃ apresentou maior escape. Já no caso do carboidrato foi a fração B₂. As digestões da FDN, em relação à ração e ao animal, foram superiores a 42%, enquanto a dos demais constituintes foram similares, à exceção da PB e do carboidrato não-fibroso (CNF), que se mostraram inferiores em relação à ração e ao animal, respectivamente. A produção do leite não sofreu variação, mas a gordura reduziu, inclusive, o seu teor no leite, cujos demais constituintes ficaram inalterados em produção e concentração. Os consumos foram destaques em superioridade no contraste

SCE x cana, exceto o carboidrato, que não variou, e a sua fração A, que ficou inferior em 99%. As degradações da PB e suas frações, como também os escapes do carboidrato e suas frações, foram superiores. Já as degradações do carboidrato e sua fração A foram inferiores 29 e 99%, respectivamente, sendo as demais frações superiores. Os escapes da PB e suas frações B₁ e C foram maiores e os das frações B₂ e B₃, menores em 9 e 4%, respectivamente. A substituição do CPNDR por CPDR nas rações à base de SCE não modificou o consumo de matéria seca, FDN, PB e sua fração C e nem do carboidrato e suas frações B₁, B₂ e C. Já as outras frações A e B₁ de proteínas e A de carboidrato aumentaram, ficando as B₂ e B₃ das proteínas reduzidas em 25 e 11%. As degradações de PB, carboidrato e suas frações foram superiores, assim como os escapes das frações B₁ e C da PB e do carboidrato, frações B₁ e B₂. Os escapes inferiores ficaram para a PB e suas frações B₂ e B₃ e para a fração C do carboidrato. As digestões dos constituintes das rações permaneceram estáveis. As produções do leite e seus constituintes diminuíram. O teor de gordura do leite aumentou 5%, e não houve variação dos outros componentes químicos. A ração à base de cana com CPDR x CPNDR teve os consumos aumentados da ração e dos constituintes, exceto das frações B₂ e B₃ da PB, que não variaram. Entre as degradações superiores da PB e do carboidrato, a fração C da PB degradou-se 38% a menos, a A do carboidrato não variou e as demais foram superiores. Os escapes da PB e suas frações B₂ e B₃ reduziram-se, e os das frações B₁ e C aumentaram. Os escapes das frações B₁ e B₂ do carboidrato se elevaram, havendo redução da fração C. As digestões dos constituintes, em relação à ração, não variaram e, em relação ao animal, foram superiores, exceto para FDN. As produções do leite e seus constituintes não se modificaram, à exceção da produção da proteína, que foi 11% a mais. A composição química do leite não se alterou, e a ração à base de silagem de milho, em relação à SCE ou cana, apresentou a mesma produção de leite; esta com SCE em relação à cana foi maior e mais eficiente. A inclusão das fontes de PNDR à SCE causou redução na conversão alimentar e aumento na produção de leite. Já na inclusão das fontes de PNDR à cana houve redução no consumo da matéria seca de sua ração e também na conversão alimentar do leite.

Palavras-chave: cana-de-açúcar, silagem, vaca leiteira, PNDR, consumo e digestão.

Productive Performance of Dairy Cows Receiving Silage of Corn and Elephant Grass or Sugar Cane Supplemented with Concentrates With Different Levels of Undegraded Protein in Rumen

ABSTRACT – The objectives of this work were to determine the food intake, the degradations and ruminal escapes of the ration nutrients, the total digestion of the ration representatives as well as the production and chemical composition of the milk. Five experimental rations were used: the corn silage ration with conventional concentrate (CSC) and the Elephant grass silage (EGS) and cane rations both were mixed with formulated concentrates with sources degraded (CDPR) and undegraded (CUPR) protein in the rumen. The solid flow estimates were made from mordanted fibers of the corn and of the elephant grass silages, the cane and of the soybean meal. The liquid fraction flows were made through the cobalt chelated with EDTA. The treatments were disposed in a design in Latin square 5 x 5 repeated in the time. The data from the intakes, ruminal degradations and escapes, total digestion and production and composition of the milk were submitted to the variance analyses and in order to analyze these means it was established the following orthogonal contrasts: CSC x THE OTHERS, EGS x cane, EGS/CDPR x EGS/CUPR and cane/CDPR x cane/CUPR. In the contrast CSC x THE OTHERS, the dry matter of the ration, forage and concentrated intakes weren't altered. The representative intakes of the ration that were superior in 10,99 and 12,97% were the neutral detergent fiber (NDF) both from the ration and the forages, respectively; the ones that were inferior were the NDF indigestible (NDF_i), the crude protein (CP) and its fractions B₁ and B₂; the carbohydrate was not altered, except their fractions B₁ and B₂ that were superior. There was a reduction in the CP degradations and their fractions with the exception of the fraction A that was superior in 29%. Both the carbohydrate and its fractions B₁ and B₂ were more degraded and the fraction A was less 57,4%. Only fraction B₃ of the protein presented higher escape whereas in the carbohydrate the fraction B₂ was higher. The NDF digestions compared with the ration and with the animal surpassed 42%; the digestion of the other representatives was similar except the CP and the non-fiber carbohydrate (NFC) that were inferior in relation to the ration and to the animal, respectively. The milk production didn't suffer any variation but the fat was reduced altogether with its milk content. The other milk representatives were unaffected in production and concentration. The intakes were prominences in superiority in the contrast EGS x cane, apart from the

carbohydrate that didn't vary and its fraction A that was inferior in 99%. The CP degradations and their fractions as well as the escapes of the carbohydrate and their fractions were all superior. However, the degradations of the carbohydrate and its fraction A were inferior in 29% and in 99%, respectively. The other fractions were superior in the degradability. The CP escapes and their fractions B₁ and C were higher and the CP escapes of the fractions B₂ and B₃ were smaller in 9% and in 4%. The substitution of CUPR for CDPR in the rations based on EGS didn't modify the intakes from the dry matter, NDF, CP and its fraction C and neither from the carbohydrate and its fractions B₁, B₂ and C. The other fractions A and B₁ from the proteins and the fraction A of the carbohydrate increased. However, the fractions B₂ and B₃ of the proteins were reduced in 25 and in 11%. The degradations from the CP, carbohydrate and its fractions were superior as well as the escapes from the fractions B₁ and C of the CP and from the carbohydrate, fractions B₁ and B₂. The inferior escapes were CP and its fractions B₂ and B₃ and fraction C of the carbohydrate. The ration representative digestion stayed stable. The milk production and its representatives were reduced. The fat content of the milk increased 5% and there was not any variation of the other chemical components. The cane based ration with CDPR x CUPR had an increase in the intakes of the ration and of the representatives, except the fractions B₂ and B₃ of CP that didn't vary at all. Among the superior degradations of CP and of the carbohydrate, the fraction C of CP was degraded in less 38%, the fraction A of the carbohydrate didn't vary and the other fractions were superior. The CP escapes and their fractions B₂ and B₃ were reduced and the fractions B₁ and C were increased. The escapes of the fractions B₁ and B₂ of the carbohydrate were increased and the fraction C was reduced. The representative digestions in relation to the ration didn't vary and in relation to the animal were superior, except the NDF. The productions of the milk and its representative were not modified, aside from the protein production that was more 11%. The milk chemical composition was not altered. The corn silage ration compared with the EGS or cane, presented the same milk production. Based on EGS compared to cane, the milk production was higher and more efficient. The inclusion of the CUPR to EGS caused a reduction in feeding conversion and increased the milk production. In the inclusion of that concentrate to the cane, there was a reduction in the dry matter intake of cane/CUPR ration and also a reduction in feeding conversion.

Key Words: sugar cane, silage, dairy cow, UPR, intake and digestion.

Introdução

As necessidades nutricionais de vacas leiteiras para manutenção, produção e reprodução são supridas inicialmente no rúmen, como consequência do processo fermentativo da matéria seca ingerida, e posteriormente por meio da digestão enzimática da biomassa microbiana e das partículas que escapam à degradação no rúmen e, finalmente, pelo processo fermentativo no ceco.

As forrageiras tropicais possuem um mecanismo fisiológico que possibilita maior fixação do CO₂ e menor taxa de respiração. Com isso, podem produzir durante um período de aproximadamente seis meses, dependendo do clima, além das necessidades de consumo dos animais. Entretanto, a proporção de conteúdo celular decresce em relação à formação da parede celular lignificada, o que afeta o consumo de matéria seca pelos ruminantes e, conseqüentemente, os desempenhos produtivo e reprodutivo.

Os desempenhos produtivo e reprodutivo de vacas leiteiras estão relacionados, primeiramente, com o consumo de matéria seca e, secundariamente, com a digestibilidade e eficiência na utilização dos nutrientes da ração nos tecidos do organismo animal. Nesse nível, a partição de nutrientes envolve mecanismos homeostático e homeorrético que regulam o consumo da matéria seca no curto e no longo espaço de tempo (Bauman e Currie, 1980).

A predição do consumo de matéria seca da ração se baseia em teorias, que relacionam o seu controle voluntário, feito pela vaca em três níveis: psíquico, fisiológico e físico (Balch e Campling, 1962; Baile, 1960; Mertens, 1987). O psíquico controla o consumo de alimento durante o dia e se refere ao processo e sinais determinantes da fome e saciedade relacionados com estímulos de especificidade química, hormonal ou nervosa do comportamento animal. Neste, o controle da ingestão de alimento é feito num período de 24 horas e requer complexos modelos que ainda não foram bem-elucidados. Diferentemente, os controles fisiológico e físico do consumo de alimentos podem ser descritos e otimizados por meio de modelos empíricos e mecanicistas. Nestes estão incluídos, principalmente, variáveis relacionadas

com a ração: a fibra e o teor energético; e com o animal: os receptores químicos e físicos (Mertens, 1987).

Tem sido postulado que o consumo está diretamente relacionado ao tamanho dos animais e ao teor de material indigerível da ração. Conrad et al. (1963) observaram redução no consumo de matéria seca da ração quando a digestibilidade da ração declinava de 66 para 52%.

A mastigação, a ruminação, os movimentos ruminais e a produção de saliva são estimulados pelo conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) fisicamente efetiva da ração (Allen, 1997; Mertens, 1997).

Pitt et al. (1996) afirmaram que o teor de FDN efetiva da ração deve ser de, no mínimo, 20%, a fim de não reduzir o teor de gordura do leite. O teor mínimo de FDN na ração recomendado pelo NRC (2001) é de 25%, e, desse percentual, 75% devem ser provenientes da forragem.

Segundo Mertens (1987) e Nocek (1997), um aumento no consumo de fontes de carboidratos prontamente disponíveis promove queda do pH ruminal e diminuição das bactérias fibrolíticas. Hoover (1986) e Beever et al. (1988) constatarem redução na digestão do carboidrato fibroso em pH menor que 6,2. Esse mesmo efeito foi observado por Shriver et al. (1986), além da diminuição da colonização do material fibroso pelas bactérias fibrolíticas.

Galyean e Goetsch (1993), analisando a utilização do carboidrato fibroso da forragem pelos ruminantes, verificaram que a inclusão de grãos acima de 30% reduz a digestão do mesmo. Em vacas leiteiras, também como consequência da redução da digestibilidade do carboidrato fibroso, Reis (2000) observou queda linear nos nutrientes digeríveis totais (NDT) do capim-elefante, ao aumentar de 40 para 60% a participação do concentrado na ração.

Na substituição da cana pela silagem de milho houve elevação no consumo de matéria seca por vacas leiteiras para 59% (Ribeiro et al., 2000). De fato, Pereira (1999), baseado na cinética de degradação “in vitro” da FDN da cana e em seu efeito ruminal repressivo, observou que esse volumoso é de consumo limitado, devido à elevada fração indigerível de seu carboidrato, em detrimento da fração potencialmente digerível com teor de degradação de $0,0341 \text{ h}^{-1}$.

Utilizando capim-elefante picado com 60 dias de estágio vegetativo na alimentação de vacas leiteiras mestiças, Deresz e Mozzer (1994) verificaram consumo de matéria seca de 2,3% do peso vivo.

Reis (2000) constatou que o consumo de 1,7% do peso vivo da mesma forragem com 126 dias de idade não supriu as necessidades energéticas para manutenção de vacas. Resultados semelhantes foram relatados por Deresz e Mozzer (1994). Já em novilhos mestiços alimentados com a silagem de capim-elefante, Inácio Néto et al. (1999) observaram um consumo de matéria seca de 1,6% do peso vivo.

Roffler e Satter (1975) notaram que vacas recebendo ração com teores basais de proteína bruta variando de 6,8 a 12,5% e teor de NDT superior ou igual a 66% aumentaram a produção de leite em até 38% com a inclusão de uréia à ração. Virtamen em 1966, citado por Santos et al. (1998), relatou que a produção microbiana é capaz de garantir produção média durante a lactação de até 15 kg de leite por dia. Uma otimização da proteína bruta da ração, com teor de NDT superior ou igual a 57% de proteína microbiana, foi determinada por Satter e Roffler (1975), a partir de estudos "in vitro". Observou-se que mais de 90% do nitrogênio amoniacal (N-NH_3) ruminal, produzido de ração com teores protéicos variando de 8 a 11%, era incorporado como nitrogênio microbiano. Nesse sentido, a adição de 0,5 e 1% de uréia à cana resultou em teores aproximados de 7 e 15% de proteína bruta, respectivamente, na base da matéria seca. Estudando a eficiência de utilização do nitrogênio não-protéico pela vaca, com base no teor de N-NH_3 no fluido ruminal, Roffler e Satter (1975) inferiram que a suplementação de rações com teores de proteína bruta e NDT entre 8 e 12% e 55 e 60% não é recomendada. Nessas situações, a produção de leite com ração à base de cana e uréia deixa a desejar. Seu teor de proteína bruta, de aproximadamente 2,5%, não é suficiente para suprir 14% do carboidrato não-fibroso em peptídios que iria otimizar o crescimento das bactérias amilolíticas ruminais (Fox et al., 2000).

Alimentação de vacas com gramíneas de cultivo perene contendo alta proporção de caule em relação à folha limita a produção diária de leite em nível inferior a 10 kg dia^{-1} . Rodrigues et al. (1999) observaram produção média diária de 18 kg de leite com balanço negativo de energia em vacas alimentadas com cana misturada a 4 kg de concentrado. Magalhães et al. (2000), alimentando

vacas leiteiras numa proporção de 60% de cana e 40% de concentrado à base de matéria seca, obtiveram produção de 21 kg de leite dia^{-1} corrigida para 4% de gordura. Já, utilizando capim-elefante com 40% de concentrado à base da matéria seca para vacas, Reis (2000) obteve produção diária de 33% inferior àquela observada por Magalhães et al. (2000), e os animais, neste caso, apresentaram um balanço positivo de energia.

Para otimizarem a utilização dos nutrientes da ração consumida em nível ruminal, por meio de formulação que considera o sincronismo entre a liberação de energia e a fixação do N-NH_3 pelas bactérias ruminais, Sniffen et al. (1992) sugeriram o fracionamento da proteína bruta nas frações A, B₁, B₂, B₃ e C e os carboidratos em A, B₁, B₂ e C, para posterior quantificação da degradação ruminal dessas frações com base nas taxas de degradação e passagem.

Avaliações do efeito da proteína não-degradada no rúmen (PNDR) sobre o desempenho de ruminantes têm sido objetivos de muitos trabalhos científicos.

Ørskov (1982) relatou que as necessidades em PNDR, com alto perfil biológico, aumentam consideravelmente quando a produção de leite com 4% de gordura atinge patamar acima de 20 kg dia^{-1} . No entanto, o uso de fontes ricas em PNDR na ração de vacas leiteiras com produções diárias superiores a 20 kg de leite diminuiu a produção de proteína microbiana em 76% dos casos avaliados. Quando as fontes de PNDR eram a farinha de peixe e o farelo de soja tratado quimicamente ou pelo calor, a produção média de leite aumentou em 17%, em comparação com a média dos outros casos (Santos et al., 1998). A produção e a composição química do leite não foram alteradas, em vacas de alta produção, quando estas receberam rações isoprotéicas e isoenergéticas com dois níveis de PNDR, ou seja, 29 e 35% da proteína bruta, mesmo com os suprimentos de PDR acima de 100% das necessidades recomendadas pelo NRC (1988) (Dunlap et al., 2000).

Broderick et al. (1993) avaliaram quatro rações para vaca em lactação usando forragem fermentada e milho escarificado com suplementação de uréia, farelo de soja e, ou, de farinha de carne e ossos, de modo a atingir teores de PNDR (% proteína bruta) entre 28 e 40%. Os animais tiveram, relativamente, ganhos menores de peso e maiores teores de N-uréia no plasma com a suplementação de uréia. Com a suplementação de fontes protéicas

verdadeiras, a farinha de carne e ossos atingiu maior ganho de peso, sendo nenhuma alteração observada nos teores de N-uréia no plasma.

O valor relativo da farinha de peixe, em relação ao do farelo de soja, para vacas arraçoadas à base de silagem de alfafa ou apenas forragem foi avaliado por Broderick (1992) em três fases da lactação. No início da lactação, a suplementação do volumoso com farinha de peixe em relação ao farelo de soja resultou em maior produção de leite e ganho de peso e menor excreção de uréia via leite. Já no meio da lactação uma suplementação protéica da silagem de alfafa com o farelo de soja e a farinha de peixe aumentou em 4 e 5% a produção de leite, respectivamente. No final da lactação, essa suplementação elevou, respectivamente, a produção de leite em 5 e 6%. Tanto no início quanto no final da lactação, a suplementação protéica da silagem de alfafa elevou o nível de excreção de uréia no leite.

Este trabalho objetivou determinar o consumo, a degradação ruminal e total da matéria seca e demais constituintes da ração, bem como avaliar a produção e a composição do leite produzido por vacas mestiças arraçoadas com diferentes volumosos suplementados com concentrados de alta e baixa degradabilidades ruminais.

Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências da Unidade de Ensino e Produção do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí, em Bambuí, MG.

O CEFET está situado no Estado de Minas Gerais, a 20° 00' de latitude sul, 45° 59' de longitude oeste e a uma altitude de 661 m. O clima é tropical, com inverno frio e seco e verão quente e úmido. De acordo com os dados da Estação Meteorológica do Ministério da Agricultura (MA), que se encontra no CEFET – Bambuí, o período de 2001 apresentou médias mensais de temperatura de bulbo úmido de $21,7 \pm 2,5$ °C, temperatura de bulbo seco de $23,6 \pm 2,4$ °C, umidade relativa do ar de $73,5 \pm 6\%$, precipitação pluviométrica

de 110 ± 119 mm, insolação de $5,9 \pm 1,4$ hora e velocidade do vento de $1,28 \pm 0,17$ m s⁻¹, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios mensais de temperaturas de bulbos seco e úmido, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, insolação e velocidade do vento, de acordo com a Estação Meteorológica do MA localizada no CEFET – Bambuí, no ano de 2001

Meses	TBS (°C)	TBU (°C)	UR (%)	Ppt (mm)	I (h)	V _{vento} (m s ⁻¹)
Janeiro	25,8	21,8	75	336,1	5,95	1,50
Fevereiro	26,8	21,7	71	151,4	5,85	1,30
Março	25,2	19,9	83	269,1	5,55	1,13
Abril	24,8	19,1	75	24,0	6,45	1,11
Maio	21,6	16,3	78	1,8	5,90	1,33
Junho	20,1	15,6	75	0,0	6,90	1,00
Julho	21,4	15,3	69	1,8	6,95	1,16
Agosto	20,2	15,4	68	6,3	6,50	1,20
Setembro	21,7	19,2	73	65,6	2,93	1,37
Outubro	26,4	19,6	60	43,9	7,93	1,63
Novembro	24,5	20,3	76	217,0	3,56	1,33
Dezembro	24,7	21,7	79	192,8	5,75	1,30

TBS = temperatura de bulbo seco, TBU = temperatura de bulbo úmido, UR = umidade relativa do ar, Ppt = precipitação pluviométrica, I = insolação e V_{vento} = velocidade do vento.

Foram utilizadas 10 vacas mestiças com grau de sangue entre 3/4 e 15/16 Holandês-Zebu, pesando em média 535 ± 66 kg. Na ocasião, esses animais se encontravam com 38 ± 13 dias de lactação, produzindo, em média, $19,8 \pm 3,8$ kg de leite com $3,61 \pm 0,38\%$ de gordura. As estimativas das necessidades nutricionais dessas vacas, a predição do consumo e os cálculos dos teores de nutrientes da ração pretendida foram realizados de acordo com o CNCPS 4.0 (Fox et al., 2000). As necessidades nutricionais diárias foram de 36,10 Mcal de energia metabolizável (EM), 1.436 g de proteína metabolizável (PM), 98 g de cálcio (Ca), 56 g de fósforo (P), 52.260 UI de vitamina A e de 201 mg de vitamina E. O consumo predito foi de $14,2$ kg dia⁻¹ de matéria seca com teores de 11,5% de proteína bruta (PB), 74% de nutrientes digeríveis totais

(NDT), 40% de carboidratos não-fibrosos (CNF) e 3,6% de proteína não-degradada no rúmen (PNDR).

As plantas para ensilagem apresentaram as seguintes características: forrageira de milho com teor de matéria seca igual a 42% e de grãos na matéria seca de 24% e capim-elefante com 60 dias de idade vegetativa, teor de matéria seca igual a 20% e relação folha:caule de 0,82. A cana-de-açúcar (cana) apresentava teor de matéria seca igual a 31,17%, com °Brix igual a $19,19 \pm 2,77\%$ e relação folha:caule de 0,29. Na confecção da silagem de capim-elefante (SCE) foi feita a correção da matéria seca com a adição de 21% de fubá de milho na base da matéria seca desse capim ensilado. Os volumosos utilizados foram picados com aproximadamente 2,5 cm de comprimento.

Formularam-se três concentrados (Tabela 2), os quais foram obtidos a partir de duas rações simuladas, de acordo com o CNCPS 4.0 (Fox et al., 2000), para apresentarem aproximadamente 60% de volumoso e 40% de concentrado na base da matéria seca, de forma a suprir as necessidades nutricionais dos animais já caracterizados. A ração à base de silagem de milho com 25% de grãos e concentrado convencional (CC), preparada com fubá de milho, farelo de soja, gordura, sal mineral comercial, calcário calcítico e sal comum, apresentou relação volumoso:concentrado, na base da matéria seca, de 78:22. Da ração à base de SCE com os mesmos elementos do CC e mais a uréia e o núcleo vitamínico comercial, foi preparado o concentrado rico em fontes de PDR (CPDR). O concentrado rico em fontes de PNDR (CPNDR) foi preparado para conter os mesmos teores de PB, NDT e CNF do CPDR, com a exclusão do farelo de soja e da uréia e a inclusão de farinha de peixe, farelo de glúten de milho e milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS). A relação volumoso:concentrado das rações à base de SCE e cana foi 76:24 e 60:40, respectivamente. Os dados das composições bromatológica e química dos ingredientes das rações foram de acordo com Fox et al. (2000) e os dos suplementos mineral e vitamínico, conforme os fabricantes. Os resultados das simulações das rações e os cálculos dos concentrados podem ser visualizados no Apêndice A.

Tabela 2 – Ingredientes e composição bromatológica dos concentrados pretendidos e utilizados nas diferentes rações experimentais

Ingredientes	Concentrado ¹ – g kg ⁻¹ de Matéria Seca		
	CC	CPDR	CPNDR
Fubá de milho	646	749	685
Farelo de soja	246	190	-
Farelo de glúten de milho	-	-	86
Farinha de peixe	-	-	120
Milho desintegrado com palha e sabugo	-	-	58
Uréia	-	10	-
Sebo	47	30	29
Premix mineral e vitamínico (PREMIX)	61	21	22
Sal comum	19	11	11
Calcário	12	3	4
Núcleo mineral e vitamínico comercial ²	30	6	6
Núcleo vitamínico ³	-	1	1
Composição bromatológica			
Proteína bruta	183	191	200
Proteína não-degradada no rúmen (PNDR)	53	51	113
Fibra em detergente neutro (FDN)	95	96	83
Extrato etéreo	80	66	75
Cinzas	87	44	61
Carboidrato não-fibroso (CNF)	555	603	581
Nutrientes digestíveis totais ⁴	826	843	830
Cálcio	15	5	18
Fósforo	4	2	5

CC = concentrado convencional, CPDR = concentrado com fontes protéicas de alta degradabilidade ruminal e CPNDR = concentrado com fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal.

¹ 88,53% de matéria seca na matéria natural.

² Incluídos 230,00 g de Ca kg⁻¹, 90 g de P kg⁻¹, 20 g de Mg kg⁻¹, 48 g de Na kg⁻¹, 15 g de S kg⁻¹, 100 mg de Co kg⁻¹, 700 mg de Cu kg⁻¹, 80 mg de I kg⁻¹, 2.000 mg de Fe kg⁻¹, 1.250 mg de Mn kg⁻¹, 20 mg de Se kg⁻¹, 2.700 mg de Zn kg⁻¹, 200 UI de vitamina A g⁻¹, 60 UI de vitamina D₃ g⁻¹ e 60 UI de vitamina E kg⁻¹.

³ Contém 12.000 UI de vitamina A g⁻¹, 1.800 UI de vitamina D₃ g⁻¹ e 54 UI de vitamina E kg⁻¹.

⁴ Baseado no NRC (2001).

O experimento constituiu-se de cinco tratamentos: o tratamento referencial (T₁) foi preparado com uma mistura total de silagem de milho e concentrado convencional (SMC); os outros, à base de SCE e cana associados a concentrados com diferentes teores de PNDR (Tabela 2), foram identificados por T₂ (SCE/CPDR), T₃ (SCE/CPNDR), T₄ (cana/CPDR) e T₅ (cana/CPNDR).

O experimento teve duração de 115 dias, sendo os 10 dias iniciais destinados à adaptação dos animais ao local experimental. O período de ensaios experimentais foi dividido em cinco fases de 21 dias, cada uma composta de sete dias de adaptação alimentar e 14 de ensaios nutricionais, em que os animais foram submetidos rotineiramente aos mesmos manejos de alimentação e ordenha e às mesmas práticas sanitárias, ou seja, controle e prevenção de mamite, vacinações e combate a ectoparasitos.

Os animais foram identificados nos respectivos tratamentos e mantidos em regime de confinamento individual, em uma área de 84 m² com sombra e água *ad libitum*, onde foram arraçoados às 7h30 e às 16h30, após as ordenhas, que ocorriam às 7h e às 16h.

As vacas, inicialmente, receberam 2,5% do peso vivo em matéria seca de ração, em dois arraçoamentos, sendo 40% na parte da manhã e 60% à tarde. Determinaram-se, nas fases de adaptação e ensaios nutricionais, a matéria seca do volumoso por duas vezes e, diariamente, o consumo de matéria seca da ração e a porcentagem de sobra. Obtidos esses valores, a ração foi reajustada, em dias alternados, a fim de obter sobras variando entre 5 e 10%.

As pesagens das vacas ocorreram individualmente, sem jejum prévio após a ordenha da manhã, três dias antes de se iniciar o experimento e, depois, no 5^o, 6^o e 7^o dias de adaptação, correspondendo aos pesos iniciais; e aos 20^o e 21^o dias de ensaio e no 1^o dia de adaptação, sendo esses pesos considerados como finais. As variações médias de peso utilizadas para identificar a relativa contribuição dos tratamentos em suprir as necessidades nutricionais das vacas de produzirem leite, ganhando ou perdendo peso, foram calculadas pelas diferenças das médias dos pesos vivo final e inicial divididos por 21 dias.

As sete produções de leite de cada vaca foram obtidas durante o período de ensaio nutricional, em dias alternados, até o 19^o dia. A produção de

leite avaliada em cada dia foi o somatório das produções da manhã e da tarde. A média das sete produções representou a produção leiteira diária por vaca na fase e tratamento respectivos.

Volumosos, concentrados e sobras foram pesados em balança mecânica com precisão de 100 g, a fim de ajustar o consumo voluntário e quantificar o consumo líquido dos ingredientes e nutrientes da ração.

Durante o processo de ensilagem do capim-elefante em janeiro e do milho em março, foram coletadas amostras dessas forragens. A partir do 7^o dia da 1^a, 3^a e 5^a fases experimentais, foram coletadas as amostras parciais da silagem de milho, da SCE e da cana de quatro em quatro dia e, semanalmente, no caso dos ingredientes dos concentrados. Amostras compostas dos volumosos da ração foram obtidas a partir da mistura de amostras parciais por fase de 21 dias, e, no final do experimento, formaram-se as amostras compostas dos ingredientes dos concentrados a partir de suas amostras semanais.

As amostras parciais das rações e suas sobras, correspondentes a cada vaca, foram colhidas, respectivamente, duas e uma vez ao dia durante as fases de ensaios experimentais. O processo de obtenção de suas amostras compostas foi similar ao dos volumosos.

Foram coletadas amostras de fezes via retal pela manhã e à tarde antes do arraçoamento dos animais, entre o 14^o e o 20^o dia em cada fase experimental. As amostras foram compostas segundo os critérios adotados para os volumosos, com o objetivo de determinar os teores de matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro indigerível (FDNi) e as cinzas, para completar os ensaios nutricionais.

Todas as amostras parciais com altos teores de umidade foram conservadas e mantidas em “freezer” a -10 °C até a ocasião de obtenção da amostra composta.

As amostras de volumosos, dos ingredientes dos concentrados da ração, das sobras e das fezes foram colhidas no campo, acondicionadas em sacos de polietileno de 2 ou 5 kg e receberam pré-secagem em saco “craft” de 5 kg, exceto as de fezes, que foram previamente secadas em pratos de alumínio. Tais amostras compostas, pré-secadas em estufa de circulação forçada de ar com temperatura de 55 ± 5 °C por 72 horas, ou aquelas pré-

secadas naturalmente, foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm e acondicionadas em sacos de polietileno de 2 kg devidamente identificados e mantidas em temperatura ambiente para posteriores análises.

O leite das vacas foi coletado, na proporção de 2% da produção de cada ordenha, no 7^o, 11^o, 15^o e 19^o dias de cada fase experimental e acondicionado em frasco plástico de 600 mL. No dia seguinte, as amostras conservadas em refrigeração a 4 °C foram levadas ao Laboratório de Laticínios do CEFET – Bambuí para determinação da densidade e do teor de gordura. A média dos resultados das quatro amostragens foi considerada o resultado da amostra composta para cada animal. Das amostras parciais de cada dia foram retirados 50 mL de leite, durante os quatro dias de cada fase de 21 dias, e colocados em frascos plásticos de 250 ml, conservados em “freezer” a -10 °C, para posteriores análises.

As taxas de passagem (k_p) dos volumosos e dos concentrados no rúmen-retículo foram estimadas a partir da fibra das amostras de silagem de milho, SCE, cana e farelo de soja. A fibra foi obtida por meio de fervura durante uma hora em solução detergente neutra sem EDTA, sendo, então, filtrada, lavada e secada. Uma porção de aproximadamente 600 g de fibra, de cada amostra, foi complexada com cromo, empregando-se 78 g desse elemento na forma de $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Udén et al., 1980). Ao final do experimento, oito vacas, semelhantes às utilizadas no experimento, com 70 e 100 dias de lactação, receberam 300 g de fibra marcada misturada ao concentrado para cada dois animais por alimento. Em seguida, amostras fecais desses animais foram colhidas nos tempos 0, 8, 16, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 72, 80, 88, 100, 112, 124, 148, 168 e 200 horas.

Para estimar a taxa de passagem de líquido (k_{lq}), foi fornecido, por via oral, aproximadamente 1 L de solução contendo 75 g de cobalto complexado ao EDTA (Co-EDTA), para cada uma das mesmas vacas que receberam a fibra de silagem de milho complexada. As coletas de fezes foram efetuadas nos mesmos tempos e incluídos os tempos 4, 12 e 20 horas após a administração da solução de Co-EDTA. As amostras de fezes coletadas de cada vaca, nos respectivos tempos, para determinação da cinética de trânsito foram secadas ao ar, e o processamento e armazenamento para posterior análise do cromo e do cobalto foram como descrito para as fezes coletadas durante o período

experimental. As oxidações das amostras de fezes, para análises de cromo e cobalto, foram por vias seca e úmida, respectivamente, e, uma vez preparadas as soluções para leitura, estas foram feitas em espectrofotômetro de absorção atômica, com chama de N₂O-acetileno, de acordo com o protocolo descrito por Silva e Queiroz (2002).

Os modelos matemáticos empregados para descrição dos perfis de excreção fecal dos marcadores das fases sólida e líquida foram os seguintes, conforme Ellis et al. (1994):

$$(M1) \text{ G2G1: } Y = C_1 \lambda \div (\lambda - k) \times \{e^{-k(t-TT)} - e^{-\lambda(t-TT)} \times [1 + (t - TT) \times (\lambda - k)]\}$$

$$(M2) \text{ G1G1: } Y = C_2 q \div (q - k_{lq}) \times \{e^{-k_{lq}(t-TT)} - e^{-q(t-TT)}\}$$

em que Y (mg kg⁻¹) é a concentração fecal do marcador em determinado tempo, t (h); e C₁ (mg kg⁻¹), a concentração inicial do indicador no segundo compartimento, se a dose (D) tiver sido introduzida no volume (V) do segundo compartimento, admitindo-se mistura instantânea C = D/V. O λ (h⁻¹) refere-se à taxa de passagem no compartimento, com probabilidade de escape gama distribuída, e o k (h⁻¹), a taxa de passagem no compartimento com probabilidade de escape exponencialmente distribuída; e TT (h), a estimativa do tempo para o primeiro aparecimento do indicador nas fezes. Finalmente, C₂ (mg kg⁻¹) é a concentração inicial do indicador no rúmen e q (h⁻¹), um parâmetro cuja atribuição a um compartimento específico é difícil de identificar biologicamente; e k_{lq} (h⁻¹), a taxa de passagem de líquido pelo rúmen-retículo.

A k_p (h⁻¹) da fase sólida foi estimada, pressupondo-se condições de equilíbrio, pela equação obtida com os parâmetros do M1, como relacionado a seguir:

$$k_p = \frac{lk}{2k + l}$$

As médias das estimativas de k_p para a fase sólida e as estimativas de k_{lq} para a fase líquida foram utilizadas para estimar o escape das partículas insolúveis e solúveis do alimento.

Foram feitas análises laboratoriais da matéria seca, proteína bruta, nitrogênio não-protéico, proteína solúvel, proteína insolúvel em detergente

neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), FDN, FDN corrigida para cinza e proteína (FDN_{CP}), FDN_i, FDN_i corrigida para cinzas e proteína, extrato etéreo, gordura do leite, densidade do leite, cinzas, energia bruta do leite, cálcio, fósforo, potássio, magnésio, cromo, pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

A proteína bruta das amostras foi analisada pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1990), e as análises de matéria seca, extrato etéreo, cinzas, cálcio, fósforo, potássio, magnésio e pH foram feitas de acordo com a metodologia descrita em Silva e Queiroz (2002). A solução mineral para determinação do cálcio e magnésio foi preparada por “via úmida” e lida em espectrofotometria de absorção atômica; o fósforo foi por colorimetria e o potássio por fotometria de chama.

Ao final do experimento, preparou-se uma amostra única da silagem de milho, da SCE e da cana a partir de suas amostras compostas. Nestas e naquelas compostas de milho para silagem, capim-elefante, ingredientes dos concentrados, sobras e fezes, foram determinados a FDN, a FDN_i e os fracionamentos da proteína bruta (Licitra et al., 1996) e dos carboidratos.

A FDN_i foi determinada pelo procedimento da digestibilidade “in vitro”, segundo Baumgart et al. (1962). Utilizaram-se vidros de 60 mL equipados com tampa de borracha e lacre de alumínio, agulha 25 x 8 e válvula de Bunsen contendo, em meio anaeróbico, 0,200 g de amostra de volumoso, sobra ou fezes ou 0,300 g de amostras de concentrado, em meio com saliva de Mc Dowgall e fluido ruminal na proporção de 4:1. O material foi incubado em sala climatizada, sob leve agitação, por 144 horas. Ao final desse procedimento, a amostra de volumoso, sobra ou fezes e as amostras em triplicata de concentrado foram acrescidas de 25 mL de detergente neutro e autoclavadas durante uma hora sob pressão de 1,5 kg/cm² (Pell et al., 1993). Desse material, após determinação dos teores de FDN_i das amostras, foi feita a correção para cinza, com base no teor de matéria seca de uma amostra representativa de FDN_i. As metodologias para determinações de matéria seca e cinzas foram às mesmas descritas anteriormente.

A FDN foi determinada conforme a metodologia descrita por Van Soest et al. (1991). Utilizaram-se vidros de 60 mL, equipados com tampa de borracha e lacre de alumínio, com 0,350 g de amostra suspensa em 50 mL de

detergente neutro. A obtenção do teor de FDN das amostras dos volumosos, das fezes, das sobras e dos ingredientes do concentrado, em triplicatas, assim como as correções da FDN_{CP} , foram similares à da FDN_i .

O NDT em nível de consumo para manutenção (NDT_{1x}) dos ingredientes da ração, do capim-elefante e do milho para silagem foi estimado com base na digestibilidade verdadeira do CNF, da proteína bruta, do ácido graxo e da FDN. As equações de Weiss et al. (1992), com modificações do NRC (2001), são apresentadas a seguir:

$$DVCNF = 0,98 \times (100 - [(FDN - PIDN) + PB + cinza + EE]) \times FA$$

em que DVCNF é a digestibilidade verdadeira de CNF, PB a proteína bruta, EE o extrato etéreo e FA o fator de ajustamento.

$$DVPBf = PB \times e^{-1,2 \times PIDA/PB} \text{ e } DVPBc = [1 - (0,4 \times PIDA/PB)] \times PB$$

sendo DVPBf = digestibilidade verdadeira da PB de volumoso e DVPBc = digestibilidade verdadeira da PB de concentrado.

$$DVAG = AG. \text{ Note-se que, se } EE < 1, \text{ então } AG = 0$$

em que DVAG é a digestibilidade verdadeira de ácido graxo e AG, o ácido graxo.

$$DVFDN = 0,75 \times \{(FDN_P - Lig) \times [(1 - (Lig/FDN_P)^{0,667})]\} - 7$$

em que DVFDN é a digestibilidade verdadeira da FDN, FDN_P é FDN corrigida para proteína, lig é a lignina e 7 é a contribuição endógena.

O NDT da farinha de peixe (NDT_{FP}) e o NDT do sebo (NDT_{sebo}) foram estimados pelas equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$NDT_{FP} = \text{digestPB} \times PB + (EE - 1) \times 2,25 + 0,98 \times (100 - PB - cinza - EE) - 7$$

em que digestPB = coeficiente de digestibilidade verdadeiro da PB.

$$NDT_{\text{sebo}} = (EE \times 0,1) \times [\text{digestAG} \times (EE \times 0,9) \times 2,25]$$

em que digestAG = coeficiente de digestibilidade verdadeiro do AG.

Nas silagens de milho e capim-elefante sem a fração de grãos e fubá, na uréia e no sebo não foram feitas análises. A composição bromatológica dessas silagens, sem a fração de concentrado energético, foi estimada com base nos resultados de composição bromatológica do fubá de milho. Da uréia e do sebo foram considerados os valores tabelados do NRC (2001).

Com base na k_p , na quantidade das frações protéicas dos ingredientes das rações consumidas e nas respectivas taxas de degradação sugeridas pelo NRC (1996), foram feitas estimativas de degradação e escapes de proteína e carboidratos de acordo com Sniffen et al. (1992). A estimativa da fração A de carboidrato foi baseada em Fox et al. (2000), enquanto a fração A de proteínas e carboidratos foi considerada disponível e a fração C, indisponível.

Nas amostras de leite foram determinadas a energia bruta, em bomba autocalorimétrica (Silva e Queiroz, 2002); o teor de gordura, pelo método de Gerber (Coelho et al., 1981); a densidade, através do termolactodensímetro calibrado a 15 °C e corrigido para temperatura da amostra; e o teor de proteína bruta, pelo método micro-Kjeldahl (AOAC, 1990). Na determinação da proteína bruta das amostras de leite, usou-se o fator 6,38. Os sólidos totais do leite (STL) foram estimados por meio da equação $STL = \{1,2 + \%g + 2,665 \times [(100 \times D) - 100]\}$, descrita por Mora (1995), em que %g = teor de gordura do leite e D = densidade do leite g/cm³.

Das amostras compostas da silagem de milho e SCE, aproximadamente 500 g foram prensados, utilizando-se prensa hidráulica “Carver”, modelo C, para extração do suco. A determinação do pH foi feita utilizando o potenciômetro digital e a análise do teor de N-NH₃, conforme a metodologia descrita em Silva e Queiroz (2002).

A excreção fecal e a digestibilidade potencial da matéria seca consumida e seus nutrientes (matéria orgânica, proteína bruta, CNF, FDN e extrato etéreo) foram determinados com base na FDN_i corrigida para cinza, de acordo com a metodologia de cálculo sugerida por Reis (2000). Diferentemente dos demais, os resultados da digestibilidade da proteína bruta e do extrato etéreo foram

aparentes, devido à presença da fração endógena de proteína bruta e do extrato etéreo nas amostras de fezes.

A soma dos nutrientes (proteína bruta, CNF, extrato etéreo x 2,25 e FDN_{CP}), potencialmente digeríveis, consumidos na ração, subtraídos dos mesmos nutrientes, potencialmente excretados nas fezes e aqueles de origem endógena, representou a fração de nutrientes aparentemente digeridos na ração, exceto da FDN_{CP}.

O experimento foi conduzido segundo o delineamento em quadrado latino (5 x 5) repetido no tempo. O quadrado latino 1 foi formado com vacas de 24 a 40 dias de lactação e o outro, com vacas entre 41 e 60 dias de lactação. Os ensaios foram conduzidos com cinco tratamentos, em períodos de 21 dias, conforme descrito anteriormente. Os dados foram analisados por meio da análise de variância e as médias, por meio dos seguintes contrastes ortogonais: SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR e cana/CPDR x cana/CPNDR. Todos os efeitos foram testados no nível de 0,05 de probabilidade. Em todas as análises estatísticas, utilizou-se o programa SAS[®] versão 6.12.

Resultados e Discussão

O dado de produção de leite da vaca recebendo SCE/CPDR, na fase 1, foi corrigido de 24,2 para 17,4 kg de leite dia⁻¹, devido à ocorrência de mamite no quarto anterior direito. O dado original foi considerado apenas nas predições do consumo de matéria seca.

Na Tabela 3 estão apresentadas as composições bromatológicas do capim-elefante, da planta de milho e dos ingredientes da ração e, na Tabela 4, os resultados médios dos constituintes nutricionais das rações balanceadas.

Na ensilagem, notadamente, a respiração da célula vegetal pós-colheita e a fermentação anaeróbica alteraram a composição bromatológica das silagens (Tabela 3). A variação dos teores bromatológicos devido à ensilagem das forragens de milho e capim-elefante foi, respectivamente, de 0% e menos 19% para proteína bruta (PB); menos 15% e menos 4% para fibra em detergente neutro (FDN); 29 e 3% para carboidrato não-fibroso (CNF); 1% e

Tabela 3 – Composições bromatológicas médias da silagem de milho, capim-elefante, forragem de milho e ingredientes da ração

Constituintes	SM ¹	CE	M _{for}	SCE ²	Ração Total									
					Volumoso			Concentrado						
					SCE	SM	Cana	MDPS	FM	FS	FGM	FP	Sebo ³	Uréia ³
g kg ⁻¹ Proteína Bruta														
PIDN	244,0	184,0	159,0	217,0	175,0	184,0	312,0	76,0	422,0	50,0	17,0	0,0	0,0	0,0
PIDA	116,0	62,0	53,0	145,0	113,0	88,0	172,0	24,0	12,0	15,0	7,0	3,0	0,0	0,0
PSV	13,0	55,0	331,0	92,0	113,0	9,0	64,0	64,0	176,0	82,0	27,0	6,0	0,0	0,0
NNP	641,0	429,0	379,0	513,0	396,0	531,0	320,0	236,0	29,0	107,0	6,0	53,0	0,0	1000,0
g kg ⁻¹ Matéria Seca														
MS ⁴	400,0	180,0	418,0	226,0	23,0	400,0	312,0	879,0	875,0	887,0	916,0	91,0	99,0	100,0
PB	66,0	105,0	72,0	85,0	88,0	72,0	28,0	112,0	102,0	556,0	758,0	646,0	0,0	2910,0
FDN	606,0	642,0	569,0	616,0	505,0	486,0	456,0	195,0	85,0	96,0	115,0	0,0	0,0	0,0
FDN _P	606,0	622,0	557,0	607,0	489,0	472,0	447,0	186,0	81,0	68,0	102,0	0,0	0,0	0,0
FDN _{CP}	596,0	602,0	545,0	601,0	478,0	456,0	429,0	182,0	80,0	66,0	100,0	0,0	0,0	0,0
CNF	268,0	176,0	315,0	181,0	320,0	405,0	509,0	657,0	781,0	288,0	120,0	0,0	0,0	0,0
FDN _i	194,0	241,0	179,0	272,0	218,0	153,0	225,0	61,0	15,0	9,0	9,0	5,0	0,0	0,0
FDN _{iC}	194,0	241,0	179,0	272,0	218,0	153,0	225,0	61,0	15,0	9,0	9,0	5,0	0,0	0,0
Lignina	79,0	99,0	74,0	113,0	89,0	62,0	92,0	25,0	6,0	3,0	3,0	0,0	0,0	0,0
FDA	345,0	396,0	268,0	331,0	266,0	271,0	301,0	97,0	24,0	75,0	51,0	21,0	0,0	0,0
EE	11,0	9,0	24,0	25,0	25,0	19,0	1,0	28,0	24,0	23,0	5,0	65,0	992,0	0,0
Cinza	58,0	109,0	45,0	109,0	89,0	48,0	32,0	21,0	13,0	67,0	16,0	267,0	10,0	0,0
NDT _{1x}	545,0	461,0	600,0	469,0	547,0	624,0	567,0	795,0	853,0	842,0	876,0	682,0	1465,0	0,0
Cálcio	5,4	6,0	1,6	7,3	6,1	4,2	1,6	2,0	1,6	4,0	0,7	112,0	5,7	0,0
Fósforo	0,9	3,2	0,8	3,2	2,7	1,4	0,5	1,1	0,8	2,4	1,5	31,0	0,6	0,0

Continua...

Tabela 3 – Cont.

Constituintes	SM ¹	CE	M _{for}	SCE ²	Ração Total									
					Volumoso			Concentrado						
					SCE	SM	Cana	MDPS	FM	FS	FGM	FP	Sebo ³	Uréia ³
g kg ⁻¹ Matéria Seca														
Potássio	14,3	35,7	3,2	26,1	21,3	11,9	7,0	4,8	3,1	24,1	1,0	2,3	3,2	0,0
Magnésio	27,8	2,7	1,1	2,1	1,9	2,4	0,4	1,5	1,1	3,3	0,4	2,2	0,6	0,0

SM = silagem de milho; CE = capim-elefante; M_{for} = forragem de milho; SCE = silagem de CE; MDPS = milho desintegrado com palha e sabugo; FM = fubá de milho; FS = farelo de soja; FGM = farinha de glúten de milho; FP = farinha de peixe; PSV = proteína solúvel verdadeira; NNP = nitrogênio não-protéico; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN_n = FDN corrigida para proteína; FDNi = FDN indigerível; FDNi_C = FDNi corrigido para cinza; e FDA = fibra insolúvel em detergente ácido.

¹ SM excluída a fração de grãos.

² SCE excluído o FM.

³ Composição bromatológica, conforme NRC (2001).

⁴ Valores expressos em g kg⁻¹ de matéria natural.

Tabela 4 – Constituintes das rações balanceadas ofertadas para as vacas

Constituintes ¹ g kg ⁻¹ MS	Rações Balanceadas				
	SMC	SCE		Cana	
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR
MS ²	506,0	384,0	385,0	541,0	543,0
PB	100,0	117,0	120,0	101,0	104,0
PNDR	26,0	34,0	50,0	34,0	60,0
FDN	400,0	404,0	403,0	306,0	306,0
FDN _{CP}	374,0	381,0	381,0	286,0	287,0
FDN _i	123,0	169,0	169,0	140,0	141,0
FDA	221,0	210,0	209,0	193,0	192,0
Lignina ³	50,0	69,0	69,0	57,0	58,0
Extrato etéreo	29,0	31,0	32,0	22,0	23,0
Cinza	56,0	78,0	83,0	36,0	46,0
CNF	441,0	397,0	383,0	562,0	539,0
NDT _{1x}	667,0	618,0	615,0	677,0	672,0
Cálcio	6,1	6,0	9,2	3,3	8,5
Fósforo	1,9	2,5	3,4	1,1	2,5

¹ Vide Tabela 3.² Valores expressos em g kg⁻¹ de matéria natural.³ Lgn = FDN_i/2,4 (Fox et al., 1992).

menos 16% para fibra em detergente ácido (FDA); menos 21 e 178% para o extrato etéreo; menos 17 e 13% para FDN indigerível (FDN_i); e 4 e 2% para os nutrientes digeríveis totais (NDT). Houve redução no teor de FDN_i quando a forragem de milho foi ensilada e aumento quando foi o capim-elefante. Na ensilagem deste último, apesar das reduções nos teores da FDN e FDA, o teor da matéria seca esteve abaixo dos 25%. Isso ocorreu devido às chuvas na época da ensilagem, que, além de terem contribuído para ocorrência de fermentação indesejável, levando a um aquecimento em excesso, lixivaram nutrientes. Essa observação, juntamente com a indicação da formação dos produtos de Mayllard (Van soest, 1994), elevou a fração da FDN_i na SCE. Esse constituinte, diferentemente da FDA, não tem potencial de fornecer energia para o crescimento microbiano e nem para o hospedeiro. O maior teor do extrato etéreo dessa silagem, em relação à sua forragem de origem, indica maior crescimento microbiano, possibilitado pelas adições do fubá de milho e água da chuva. Com base no teor do NDT, o processo da ensilagem não causou melhoria acima de 5% na qualidade nutricional da forragem ensilada,

restringindo-se à conservação do material. Todas essas alterações da ensilagem foram devidas, em graus variados, às mudanças na estrutura física da forrageira, em consequência dos desdobramentos dos seus nutrientes, da redução do pH e do acréscimo de microrganismos e ácidos orgânicos (Minson, 1990).

Os volumosos, excluindo a fração do concentrado energético, destacaram-se pelo elevado teor da FDN e baixo teor do NDT (Tabela 3). Entre estes, a cana se individualiza por apresentar teor de PB em nível incompatível com as necessidades microbianas de 7% da matéria seca, o que reflete em baixo consumo da ração (Satter e Roffler, 1975; Van soest, 1994). Além disso, a cana em relação aos outros volumosos, sem as suas frações de concentrado energético, apresentou quase o dobro do CNF e, aproximadamente, 3/4 da fração B₂ do carboidrato. Tomando-se por base a reciclagem do nitrogênio em função do teor protéico da ração (Van soest, 1994), fica evidente que a cana necessita de suplementação com fonte de nitrogênio disponível no rúmen. Os altos teores das frações B₂ da proteína observada nas silagens do milho e capim-elefante denotam que esses volumosos, além de suprirem peptídios às bactérias amilolíticas (Sniffen et al., 1992), contribuem em maior proporção na fração de proteína verdadeira que chega ao intestino delgado.

Os valores do pH foram de 4,14 e 4,49 e os de amônia, de 61 e 167 mg dL⁻¹, respectivamente para silagem de milho e capim-elefante. O pH de 3,8 é um parâmetro laboratorial para uma silagem de boa qualidade, enquanto valores acima indicam elevação da fração A da PB, devido à proteólise favorecida pelo maior teor de umidade do material ensilado (Van soest, 1994).

As rações relacionadas na Tabela 4 apresentaram teores médios, na matéria seca, de 108 ± 9, 364 ± 53, 464 ± 82 e 650 ± 31 g kg⁻¹ para PB, FDN, CNF e NDT, respectivamente. As rações à base de silagens em relação às com cana apresentaram, em valores absolutos, menores teores de CNF e NDT. Com exceção da ração à base de SCE, as demais, com teores de PB abaixo de 11% da matéria seca, possuem um potencial de utilização acima de 90% do N-NH₃ produzido no rúmen (Satter e Roffler, 1975). Os teores de proteína degradada no rúmen (PDR) das rações estiveram entre 40 e 72 g kg⁻¹ da matéria seca. A ração cana/CPNDR apresentou teor de PDR próximo a 40 g kg⁻¹ da matéria seca, sendo este limite crítico para o crescimento

microbiano, segundo observações de Satter e Slyter (1974) e Van soest (1994). Nocek (1997) sugere como medida de segurança, para prevenir doenças metabólicas, rações com níveis mínimos de 25% de FDN, ressaltando-se que 75% desta deve ser oriunda da forragem.

Apesar da interdependência entre PB e NDT da ração, a disponibilidade deste último é mais limitante sobre o desempenho produtivo da vaca em início de lactação (Nocek e Russel, 1988). Roffer e Satter (1975) relataram que, entre os limites 8 e 12% de PB na matéria seca da ração, aumentos nos teores de NDT acima de 65% possibilitam incrementos na eficiência de utilização da uréia. As rações SMC, cana/CPDR e cana/CPNDR, com teores do NDT acima de 65%, tiveram relativa limitação para suprir as necessidades nutricionais de manutenção e produção dos animais. Foi observada naquelas respectivas rações, através da variação do peso vivo dos animais, uma aparente perda de peso de 225, 241 e 176 g dia⁻¹.

Na Tabela 5, destacam-se os consumos das rações e seus componentes básicos pelas vacas. Os consumos médios das rações, do volumoso e do concentrado foram, respectivamente, de 25, 15, e 10 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹ no contraste SMC x DEMAIS. Já no contraste SCE x cana o consumo da ração, do volumoso e do concentrado foi de 10,6, 14,3 e 16,7%, respectivamente. A substituição do CPNDR por CPDR, nas rações à base de SCE, manteve o consumo da ração em 26 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹, sem alterar o dos constituintes básicos. Já nas rações à base de cana essa substituição contribuiu para os consumos da ração, do volumoso e do concentrado em 23,8, 15,4 e 25,0%, respectivamente.

O baixo consumo da ração à base de cana, em comparação com a SCE, pode estar mais relacionado à maior proporção do caule em conjunto com uma menor disponibilidade da proteína solúvel verdadeira do que com um maior teor do CNF e menor da FDN_i (Tabelas 3 e 4). A saída de partículas do rúmen-retículo se dá, geralmente, com um tamanho de 1,18 mm, resultante das mastigações, dos movimentos ruminais e das digestões microbianas (Poppi et al., 1981).

Tabela 5 – Consumos, em g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹, médios de matéria seca de ração (CMSR), de volumoso (CMSV) e de concentrado (CMSC), por vacas recebendo rações com concentrado, com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Itens	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
CMSR	25	26	26	26	21	2,6	0,9329	0,0004	0,8093	0,0001
CMSV	15	16	16	15	13	1,3	0,9331	0,0004	0,8079	0,0001
CMSC	10	10	11	10	8	0,9	0,9295	0,0004	0,8095	0,0001

¹ Desvio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

Minson (1990), analisando diferentes estudos com vacas e carneiros alimentados distintamente com folha e caule de gramíneas ou de leguminosas, observou uma redução média de 28% no consumo do caule. Wilson (1993), com base em estudos “in vitro”, verificou que as fragmentações das partículas alimentares são influenciadas pela composição e estrutura química da parede celular. Russel et al. (1992) relataram que as bactérias que fermentam CNF obtêm 66% do nitrogênio incorporado em sua estrutura de peptídios e aminoácidos.

As fontes de proteína não-degradada no rúmen (PNDR) interferiram no consumo da ração à base de cana e seus constituintes básicos. Aqui, o consumo pode ter sido relacionado ao limite crítico da PDR na ração cana/CPNDR, já relatado na Tabela 4.

Santos et al. (1998), a partir de uma revisão sobre a utilização de fontes da PNDR na ração de vacas, verificaram que seu uso reduziu a produção microbiana em 76% das rações analisadas. Russel et al. (1992) citaram que bactérias que fermentam carboidrato fibroso derivam 100% de seu nitrogênio da amônia ruminal.

Na Tabela 6, relacionam-se as diferentes frações dos constituintes das rações oferecidas às vacas. No contraste SMC x DEMAIS, o consumo da FDN foi maior na ração e no volumoso e 21,50% menor quanto à FDN_i. O consumo de PB foi menor 18%, enquanto, respectivamente, o das frações A e B₃, maior: 25,37 e 19,30%, e o das frações B₁ e B₂, menores: 49,51 e 33,80%. O consumo médio da fração C de PB foi de 0,15 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹. O carboidrato apresentou consumo médio de 19,85 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹, sendo, respectivamente, o consumo das frações A e C: -10,13 e -3,84% e o das frações B₁ e B₂: +8,46 e +9,07%, respectivamente.

O consumo da FDN e proteínas no contraste SCE x cana foi destaque em superioridade, à exceção do carboidrato e da sua fração A. Entre os maiores consumos da FDN, a do volumoso foi de +50,08%. O consumo de proteína bruta da SCE x cana foi superior a 1,21 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹. Dessa diferença, as maiores contribuições foram das frações A e B₂, que representaram, respectivamente, 47,93 e 29,93%. Do consumo médio de 19,51 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹ do carboidrato no contraste SCE x cana, os animais consumiram 36,80% a menos da fração A e 19,99, 10,81 e 5,33% a mais das frações B₁, B₂ e C, respectivamente.

Tabela 6 – Consumos médios de fibra em detergente neutro, proteína, carboidrato e respectivas frações, em rações com concentrado preparado, com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Constituintes	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
Consumo (g kg ⁻¹ de Peso Vivo Dia ⁻¹)										
FDN _{Ração}	9,84	10,54	10,61	7,87	6,44	0,755	0,0013	0,0001	0,8330	0,0003
FDN _{Volumoso}	9,04	9,57	9,65	7,04	5,75	0,676	0,0002	0,0001	0,7834	0,0003
FDNi _{Ração}	3,03	4,41	4,45	3,60	2,97	0,315	0,0001	0,0001	0,7952	0,0001
Proteína	2,46	3,56	3,65	2,60	2,19	0,237	0,0001	0,0001	0,3884	0,0007
A ³	0,84	1,16	0,76	0,58	0,18	0,039	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₁ ³	0,13	0,35	0,28	0,25	0,15	0,039	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₂	1,18	1,68	2,23	1,55	1,67	0,137	0,0001	0,0001	0,0001	0,0513
B ₃	0,17	0,16	0,18	0,12	0,11	0,011	0,0001	0,0001	0,0010	0,0600
C ³	0,14	0,22	0,21	0,10	0,08	0,038	0,3823	0,0001	0,2525	0,0001
Carboidrato	20,20	19,63	19,24	21,76	17,37	1,780	0,2779	0,8165	0,6312	0,0001
A ³	1,66	0,10	0,07	8,00	6,52	0,040	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₁	9,22	9,68	9,30	6,36	4,83	0,648	0,0001	0,0001	0,1900	0,0001
B ₂	6,33	5,60	5,57	3,86	3,10	0,479	0,0001	0,0001	0,8665	0,0004
C	2,99	4,24	4,30	3,55	2,92	0,302	0,0001	0,0001	0,6558	0,0001

FDN_i = FDN indigerível da ração e A, B₁, B₂, B₃ e C = frações de proteína e carboidrato, respectivamente.

¹ Desvio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

³ Estas variáveis foram transformadas para atender ao critério homoscedasticidade, segundo a expressão $\log x + 10$.

A substituição das fontes de PNDR por PDR, nas rações à base de SCE, não teve influência sobre os consumos da FDN, proteína bruta e carboidrato. Entretanto, alterou-se o consumo das frações da proteína, exceto o da fração C. Já no consumo das frações do carboidrato o da fração A foi superior 42,86% e o das demais, similar. As frações protéicas consumidas pelas vacas, em relação ao consumo médio de $3,61 \text{ g kg}^{-1}$ do peso vivo dia^{-1} da PB, foram 11,10 e 1,94% a mais para as frações A e B₁ e, -15,26 e -0,55% para B₂ e B₃.

Na ração à base de cana, a substituição por fontes de PDR elevou os consumos das FDN em $22,12 \pm 0,53\%$, da PB em 18,72% e do carboidrato em 25,27%. Da variação do consumo ($0,41 \text{ g kg}^{-1}$ do peso vivo dia^{-1} da PB), a sua fração A representou 95,00%, e o restante se relacionou às frações B₁ e C. Os consumos das frações B₂ e B₃ da PB foram, em média, $1,61$ e $0,12 \text{ g kg}^{-1}$ do peso vivo dia^{-1} . Dos $4,39 \text{ g kg}^{-1}$ de peso vivo dia^{-1} do carboidrato consumido pelas vacas recebendo cana/CPDR x cana/CPNDR, 33,71% e 34,85% foram das frações A e B₁, sendo o restante constituído de outras frações.

Rações com mais de 50% de volumoso, na base da matéria seca, fazem com que o consumo da ração caminhe para ser ajustado pelo animal, a partir do efeito repressivo do alimento sobre suas paredes ruminais (Conrad et al., 1963; Mertens, 1987). Esse consumo, na maioria das vezes, acaba restringindo as necessidades energéticas do animal. Mertens (1987) observou que tal restrição ocorre com teores de FDN em torno de $1,2 \pm 0,1\%$ do peso vivo. Conrad et al. (1963) verificaram que, em rações com menos de 67% de digestibilidade, o consumo da matéria seca é controlado, prioritariamente, no rúmen.

Reis (2000) arraçou vacas, à base de capim-elefante, com 19% a mais de FDN que a da sua silagem, citada na Tabela 3. As comparações dos consumos de matéria seca (Tabela 5) e FDN (Tabela 6), em relação ao que relatou Reis (2000), foram próximas e 24% a menos, respectivamente, indicando que o processo fermentativo do capim-elefante, juntamente com a FDN, alterou o consumo de matéria seca das rações com SCE. De fato, Minson (1990) citou que a depressão no consumo de matéria seca da silagem está associada às mudanças na estrutura física, à quebra de proteínas, à redução do pH e à produção de ácidos orgânicos.

A ração SMC x DEMAIS apresentou menor consumo da FDN_i e teores de NDT de aproximadamente 67% (Tabela 4). No entanto, os animais apresentaram o mesmo consumo da matéria seca e uma relativa perda de peso observada durante as pesagens realizadas ao mudá-los de tratamento experimental. Isso indicou queda no consumo de matéria seca devido à ensilagem da planta de milho.

A ração à base de SCE, em relação à de cana, teve valor absoluto inferior a 67% do NDT na matéria seca e não foi detectada perda relativa de reserva corporal. Já, na ração à base de cana, o consumo da FDN foi 32% menor, e os animais apresentaram perdas aparentes de peso. Isso evidencia dois aspectos na alimentação de vacas: 1) uma redução no consumo de matéria seca de rações ricas em caule, mesmo com níveis de NDT superiores a 66% (Tabela 4); e 2) a vaca seleciona folhas em detrimento dos caules (Minson, 1990).

O consumo da FDN das rações, com volumosos conservados, foi inferior aos observados por Mertens (1987) e Reis (2000), o que evidenciou efeitos do processo fermentativo dos volumosos, interferindo no consumo voluntário da matéria seca pela vaca.

O maior consumo das frações B₂ e B₃ da proteína possibilita aumentar a fração alimentar de proteína metabolizável. Essas frações, ao contrário das A e B₁, que são prontamente disponíveis no rúmen, podem escapar em maior quantidade, porque raramente atingem uma taxa de degradação de 0,20 h⁻¹ (Fox et al., 2000). A inclusão de fontes de PNDR às rações à base de SCE aumentou o consumo daquelas frações de proteína, e não houve alteração nas rações à base de cana. Nestas, houve interferência no consumo da ração, o que, por conseguinte, afetou os outros nutrientes.

Destaca-se, na Tabela 6, o consumo elevado da fração A do carboidrato na ração à base de cana em relação à ração à base de SCE, causando desproporcionalidade no consumo das frações do carboidrato. Tal observação também é evidente no contraste SMC x DEMAIS. O consumo excessivo da fração A e o baixo consumo das frações B₁ e B₂ são indicativos de amplas oscilações na intensidade fermentativa no rúmen, com queda de pH abaixo de 6,2, o que afeta a degradação da fração B₂ de carboidrato (Van soest, 1994).

Os parâmetros médios da cinética ruminal para estimarem os valores da Tabela 7 foram às estimativas das taxas de passagem de sólidos e líquidos, assim como as taxas de degradação das frações de proteína e carboidrato, em hora⁻¹, de acordo com Fox et al. (2000). As estimativas das taxas de passagem das fibras da silagem de milho, SCE e cana e dos concentrados foram de 0,0225; 0,0215; 0,0190; e 0,0666 h⁻¹. Já a taxa de passagem da fração líquida foi de 0,0984 h⁻¹.

A ração SM x DEMAIS teve -1,71 e -41,89% de degradação e escape da proteína, respectivamente, nas quais o carboidrato degradado foi 8,84% superior e, o escape, 4,75% inferior. Todas as frações da proteína tiveram degradação inferior, exceto a fração A, com 29,26% de superioridade. Entre as frações do carboidrato, a A foi a que apresentou 57,36% de inferioridade degradativa. Os escapes das frações de proteína e carboidrato foram menores, exceto as frações B₃ da proteína e B₂ do carboidrato, que os superaram em 36,44 e 34,28%, respectivamente.

No contraste SCE x cana, as degradações da proteína e suas frações foram superiores, no qual as frações A e B₂ representaram 61,76 e 23,67% da variação de 34,13 g da proteína kg⁻¹ de matéria seca da ração. Diferentemente, a degradação do carboidrato foi menor 29,05%, e suas frações tiveram participações diferenciadas. De todas as frações degradadas, a A foi 98,97% menor, e as B₁ e B₂ foram 82,08 e 54,44% maiores, respectivamente. Nesse contraste, os escapes da proteína e do carboidrato foram 2,03 e 19,51% superiores. As frações B₁ e C da proteína escaparam 37,11 e 116,11% a mais e, as frações B₂ e B₃, 8,97 e 3,62% a menos. Os escapes das frações B₁, B₂ e C do carboidrato foram superiores em 18,94, 24,55 e 17,95%, respectivamente.

As rações à base de SCE com fontes de PDR, em relação às de PNDR, apresentaram 32,27 e 2,75% a mais nas degradações da proteína e do carboidrato. Já no escape foram 44,26% a menos para a proteína e 3,12% a mais para o carboidrato. As degradações das frações A, B₁ e B₂ da proteína foram superiores em 52,48, 27,73 e 19,47%, respectivamente, e da fração B₃, 8,90% a menos. As frações do carboidrato foram todas superiores. Da variação degradada de 10,20 g do carboidrato kg⁻¹ de matéria seca da ração, a fração B₁ representou 74,51%, e o restante foi das frações A e B₂. Os escapes das

Tabela 7 – Valores médios de degradações e escapes ruminais de proteína e carboidrato, com as respectivas frações, em vacas consumindo ração com diferentes volumosos suplementados com concentrado, com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Nutrientes	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
Degradações (g kg ⁻¹ de Matéria Seca)										
Proteína	71,23	101,97	77,09	67,21	43,60	0,175	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
A ³	33,73	44,25	29,02	22,45	8,66	0,002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₁	4,94	12,85	10,06	9,34	6,55	0,022	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₂	31,98	43,13	36,10	35,15	27,93	0,084	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₃ ³	0,58	1,74	1,91	0,28	0,45	0,001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Carboidrato	492,19	380,50	370,30	533,59	524,55	1,017	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
A ³	66,87	3,73	2,69	310,62	310,20	0,002	0,0001	0,0001	0,0001	1,0000
B ₁	253,22	231,01	223,41	128,41	121,16	0,447	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₂	172,10	145,76	144,20	94,56	93,19	0,294	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Escapes (g kg ⁻¹ de Matéria Seca)										
Proteína	27,72	34,49	61,88	33,85	60,60	0,103	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₁	0,27	0,72	0,61	0,54	0,43	0,000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₂ ³	15,54	21,20	48,52	24,92	51,67	0,003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₃	6,29	4,30	4,75	4,48	4,91	0,011	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
C	5,61	8,28	7,95	3,92	3,59	0,015	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Carboidrato	320,61	372,16	360,89	311,91	301,46	0,746	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₁	117,64	140,49	129,84	118,69	108,59	0,283	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
B ₂	82,58	69,01	67,44	55,51	54,04	0,147	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
C	120,39	162,66	163,51	137,70	138,84	0,327	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

¹ Desvio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

³ Estas variáveis foram transformadas para atender ao critério homoscedasticidade segundo a expressão $\log x + 10$.

frações de proteína foram maiores em 18,03 e 4,15% para B₁ e C e menores em 56,31 e 9,47% para B₂ e B₃. O carboidrato apresentou superioridade de escape das frações B₁ e B₂ em 8,20 e 2,33%. A fração C escapou menos que 1%.

A cana com CPDR em relação à CPNDR apresentou degradações da proteína e do carboidrato de 54,15 e 1,72% a mais. Os escapes desses nutrientes foram de 44,14% a menos da proteína e 3,47% a mais do carboidrato. Na degradação da proteína, as frações A e B₁ se destacaram com 159,24 e 42,60% a mais, enquanto na do carboidrato a fração A não variou e as frações B₁ e B₂ foram superiores 5,98 e 1,47%, respectivamente. Os escapes das frações da proteína foram superiores em 25,58 e 9,19% para B₁ e C e inferiores em 51,77 e 8,76% para B₂ e B₃. O carboidrato apresentou maiores escapes para as frações B₁ e B₂: 9,30 e 2,72%, respectivamente. A fração C escapou menos que 1%.

Observa-se, na Tabela 7, que as formulações do concentrado com fontes de PNDR em relação às com PDR causaram maiores impactos na cinética de degradação da proteína do que sobre o carboidrato, nos contrastes SMC x DEMAIS e SCE/CPDR x SCE/CPNDR, com consumos de matéria seca próximos (Tabela 5).

O teor de PDR na ração cana/CPNDR situou-se no limite de 40 g kg⁻¹ de matéria seca (Tabela 7).

Satter e Raffle (1975), com base em estudos “in vitro”, observaram que o crescimento microbiano em rações purificadas com adição de soluções de uréia inicia-se naquele limite (40 g kg⁻¹ de matéria seca). Isso indica que a produção de biomassa naquela ração foi menor em relação às outras. Nas rações à base de silagens e cana/CPDR, a produção microbiana pode ser otimizada com suprimento de energia do carboidrato degradado. Leng e Nolan (1984) observaram que, na prática, a produção de massa microbiana seca raramente ultrapassa 14 g mol⁻¹ de ATP disponível.

Nolan (1993) relatou que as disponibilidades teóricas máximas de ATP, resultantes da fermentação de 1 kg do carboidrato, eram de 28 moles. Com base nesses parâmetros, as produções estimadas das quatro primeiras rações, a partir da Tabela 7, foram de 193, 149, 145 e 209 g de biomassa kg⁻¹ de matéria seca das respectivas rações: SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR e

cana/CPDR. Todas as rações tiveram escapes da fração B₁ de carboidrato para serem digeridas no intestino delgado em 55% (Fox et al., 2000). As rações à base de SCE e cana com CPNDR tiveram escapes destacados das frações B₂ de proteína, que apresentam, de acordo com Fox et al. (2000), 100% de digestão intestinal. As rações com maiores escapes da fração B₂, mesmo com menores produções de biomassa ruminal, têm a possibilidade de maior produção de leite, porque, em nível ruminal, a estimativa da biomassa é afetada pela “energy spilling” (Nocek e Russel, 1988; Russel e Strobel, 1993) e a que escapa é corrigida pela reciclagem interna da própria biomassa, principalmente pela predação por protozoários (Russel et al., 1992). Outro aspecto que reduz a produção de biomassa é a demanda de carboidrato para manutenção de bactérias ruminais (Russel et al., 1992). Dessa forma, as rações à base de cana, com taxa de passagem de sua fibra bem inferior à das fibras das silagens, gastaram maiores quantidades de carboidratos para manutenção das bactérias ruminais.

Na Tabela 8, apresentam-se as digestões aparentes totais dos constituintes das rações em relação a elas e ao animal, exceto da FDN corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}), que é considerada digestão verdadeira. No contraste SM x DEMAIS, as digestões da matéria orgânica (MO), CNF, extrato etéreo e NDT foram, em média, 595, 364, 20, e 625 g kg⁻¹ de matéria seca. A digestão da PB foi 14,86% inferior e, a da FDN_{cp}, superior em 46,03%. Com relação ao peso do animal, as digestões de MO, PB, extrato etéreo e NDT foram, em média, 15,25; 1,44; 0,51; e 14,42 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹, respectivamente. A FDN_{cp} teve digestão superior em 42,63% e o CNF, inferior em 14,20%.

No contraste SCE x cana, em relação à ração, a digestão do CNF e do NDT não variou. A MO apresentou menor digestão em 6,31% e PB, FDN_{cp} e extrato etéreo maiores em 16,50, 81,56 e 82,14%, respectivamente. Com relação ao peso do animal, as digestões foram diferentes. Em superioridade, essas digestões foram 5,63, 32,58, 108,56, 104,62 e 8,09% para MO, PB, FDN_{cp}, extrato etéreo e NDT, respectivamente, e, em inferioridade, 20,48% para CNF.

Tabela 8 – Valores médios, na digestão, dos constituintes das rações preparadas com diferentes volumosos suplementados com concentrado, com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Constituintes	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
Ração (g kg ⁻¹ de Matéria Seca)										
MO	591,00	579,00	580,00	618,00	619,00	30,204	0,4793	0,0004	0,9241	0,9533
PB	53,00	66,00	68,00	58,00	57,00	6,533	0,0009	0,0001	0,5002	0,8390
FDN _{cp}	184,00	158,00	167,00	85,00	94,00	15,232	0,0001	0,0001	0,1894	0,2349
CNF ³	334,00	336,00	319,00	468,00	455,00	0,619	0,0286	0,6719	0,8471	0,9886
EE	21,00	25,00	26,00	14,00	14,00	1,714	0,0545	0,0001	0,1641	0,7963
NDT	618,00	616,00	612,00	643,00	637,00	32,746	0,4309	0,0194	0,7561	0,6906
Animal (g kg ⁻¹ de Peso Vivo Dia ⁻¹)										
MO	14,70	15,09	15,30	15,77	13,00	1,214	0,8311	0,0462	0,7130	0,0001
PB	1,33	1,71	1,79	1,45	1,19	0,162	0,0015	0,0001	0,2809	0,0017
FDN _{cp}	4,50	4,13	4,40	2,12	1,97	0,477	0,0001	0,0001	0,2158	0,5079
CNF	8,31	8,76	8,40	12,02	9,56	0,902	0,0002	0,0001	0,3722	0,0001
EE	0,52	0,65	0,68	0,36	0,29	0,056	0,2081	0,0001	0,2160	0,0095
NDT	15,35	16,07	16,12	16,40	13,38	1,289	0,7560	0,0069	0,9303	0,0001

MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, FDN_{cp} = FDN corrigida para cinza e proteína, CNF = carboidrato não-fibroso, EE = extrato etéreo e NDT = nutrientes digeríveis totais.

¹ Desvio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

³ Esta variável foi transformada para atender ao critério homossedasticidade segundo a expressão: $\cos x + 2$.

A substituição do CPNDR pelo CPDR nas rações à base de SCE não alterou a digestão dos constituintes das rações citadas na Tabela 8, tanto em relação a elas quanto ao peso do animal. Nessas rações, as digestões da MO e do NDT foram, em média, de 580 e 614 g kg⁻¹ de matéria seca e 15,20 e 16,10 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹, respectivamente. Já, nas rações à base de cana, as digestões da MO e do NDT foram, em média, de 619 e 640 g kg⁻¹ de matéria seca. Quanto ao animal, a digestão da FDN_{cp} foi, em média, de 2,05 g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹. Os outros constituintes apresentaram digestões superiores em 21,31, 21,85, 25,73, 24,14 e 22,57% para MO, PB, CNF, extrato etéreo e NDT, respectivamente.

As digestões pós-ruinais, de carboidratos, constantes nas Tabelas 7 e 8, foram de 25,81; 113,50; 115,70; 19,41; e 24,45 g kg⁻¹ de matéria seca para SMC, SCE/PDR, SCE/PNDR, cana/PDR e cana/PNDR, respectivamente. Deduzindo esses valores do escape da fração B₁ de carboidrato da Tabela 7 e admitindo digestão desprezível dos carboidratos fibrosos potencialmente digeríveis nessas porções do trato gastrointestinal, obtêm-se as perdas diárias de 91,83; 26,99; 14,14; 99,28; e 84,14 g kg⁻¹ de matéria seca daquelas respectivas rações. De fato, no decorrer do experimento foram observados grãos de milho nas fezes dos animais que receberam ração à base de silagem de milho e verificados concentrados nas dos animais que receberam cana.

Ao fazer as determinações de pH das silagens com adição de água, foi evidenciado que na ração à base de SCE, em comparação com à de milho, as partículas de fubá solubilizaram-se e, quando pressionadas entre os dedos, foram desfeitas. Na ração à base de silagem de milho, tais evidências foram inibidas, pela presença da película, nos grãos de milho e, no caso da cana, as durezas das partículas de fubá não foram afetadas pelo processo de ensilagem.

Huntington (1997), com base em trabalho com vaca leiteira alimentada com ração rica em grão, relatou que, do total de suprimento de glicose, 28% vem de absorção, 67% da gliconeogênese a partir de ácidos graxos voláteis e os outros 5% dos rins, principalmente. A glicose absorvida é, em geral, utilizada para suprir as necessidades energéticas dos tecidos viscerais.

Essas observações, pautadas nas perdas diárias das frações B₁ do carboidrato, indicam que o fubá adicionado à SCE teve maior digestão pós-

ruminal em razão, principalmente, da moagem e do processo fermentativo no silo. A maior absorção de glicose pelo intestino delgado reduz as necessidades, nos tecidos do trato gastrointestinal, por glicose oriunda sobretudo do fígado, o que propiciará maior produção de leite.

As digestões pós-ruminais das frações B₂ do carboidrato, calculadas a partir das Tabelas 7 e 8, foram de 11,90; 12,24; 22,80; -9,56; e 0,81 g kg⁻¹ de matéria seca das respectivas rações de SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. Isso indica que a FDN_{cp}, em maior proporção no caule da cana que dos outros volumosos, apresentou maior resistência às degradações biológicas no rúmen e ceco, como também pela mastigação, devido à menor taxa de passagem da fibra desse volumoso, já relatado. Tais observações esclarecem os baixos consumos de volumosos ricos em caules observados por Minson (1990).

Na Tabela 9 são apresentadas as correlações dos consumos de matéria seca observados e os preditos por Conrad et al. (1963), Agricultural Research Council – ARC (1980), Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS (2000) e Mertens (1987). Entre esses estimadores, o proposto pelo CNCPS 4.0 se destaca, por ajustar o consumo de matéria seca através de variáveis: animal, ambiente e manejo (não explicitado na equação). Entretanto, a correlação entre os valores médios dos consumos de matéria seca das rações para vaca do tipo leiteiro não foi significativa quando a ração foi à base de silagem de milho ou quando se misturou a cana com CPNDR.

Os estimadores propostos pelo AFRC (1993) e por Conrad et al. (1963) se mostraram mais robustos quando se levaram em conta as diversidades das rações, indicando que os consumos de matéria seca das rações dos animais deste trabalho tiveram como principais fatores limitantes o alimento: digestibilidade e indigestibilidade; e o animal: peso vivo, estágio de lactação e produção de leite. A predição do consumo de matéria seca pelo ARC (1980) foi significativa, quando se consideram todas as classes de rações e a ração à base de SCE. Já os estimadores propostos por Mertens (1987) e pelo CNCPS 4.0 para vacas mestiças não estimaram, com acurácia, o consumo de matéria seca do sistema de alimentação montado neste trabalho, quando as análises foram feitas para todas as rações. Isso indica, no caso do estimador de Mertens (1987), a necessidade de se levar em conta o grau de influência da

Tabela 9 – Correlação linear entre o consumo de matéria seca observado nas classes de rações (n = 50) e da ração com silagem de milho (n = 10), capim-elefante (n = 20), cana (n = 20), cana/CPDR (n = 10) e cana/CPNDR (n = 10) e o predito por vários autores, para vacas alimentadas com diferentes volumosos suplementados com concentrado, com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Fontes	Correlações Lineares					
	Todas	SM	SCE	Cana	CPDR	Cana CPNDR
Conrad et al. (1963) ¹	0,9960 (0,0001) ⁷	0,9998 (0,0001)	0,9968 (0,0001)	0,9957 (0,0001)	0,9964 (0,0001)	0,9760 (0,0001)
ARC (1980) ²	0,4051 (0,0035)	0,4032 (0,2479)	0,5437 (0,0132)	0,3788 (0,0995)	0,5120 (0,1303)	0,4656 (0,1751)
Mertens (1987) ³	-0,0056 (0,9690)	0,3397 (0,3369)	0,4512 (0,0458)	0,3380 (0,1449)	0,4419 (0,2010)	0,5099 (0,1321)
Agricultural and Food Research Council – AFRC (1993) ⁴	0,7043 (0,0001)	0,5643 (0,0893)	0,7141 (0,0003)	0,6972 (0,0006)	0,7622 (0,0104)	0,6529 (0,0407)
Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS (2000) ⁵	0,1631 (0,2579)	0,4375 (0,2060)	0,4996 (0,0249)	-0,1251 (0,5992)	0,0740 (0,8391)	-0,1281 (0,7243)
Cornell Net Carbohydrate and Protein System – CNCPS (2000) ⁶	0,5583 (0,0001)	0,5482 (0,1008)	0,7296 (0,0003)	0,4699 (0,0366)	0,6570 (0,0390)	0,3890 (0,2666)

¹ CMS = $(10^{(1,53 \times \log \text{DMS\%} + 1,01 \times \log (\text{kg fezes/PV} \times 1000) + 0,99 \times \log (\text{PV} \times 0,4536) - 5,296)}) \times 0,4536$, em que PV = peso vivo.

² CMS = $0,025 \times \text{PV} + 0,1 \times \text{kg leite}$, em que CMS = consumo de matéria seca.

³ CMS = $1,2 \times \text{PV}/\% \text{FDN}$.

⁴ CMS = $0,076 + 0,404 \times \text{concentrado kg dia}^{-1} + 0,013 \times \text{PV} - 0,129 \times n + 4,12 \times \log_{10}(n) + 0,14 \times \text{kg leite}$, em que n é a semana de lactação.

⁵ CMS vaca mestiça = $[(\text{PV} \times 0,96)^{0,75} \times (0,1462 \times \text{EL}_m - 0,0517 \times \text{EL}_m^2 - 0,0074) + 0,305 \times \text{LCG}] + C$, em que EL_m é a energia líquida para manutenção em Mcal kg^{-1} e LCG é a produção de leite corrigida para 4% de gordura; se a produção de leite > 15, então C = 1,7; caso contrário, C = 0.

⁶ CMS vaca tipo leiteiro = $\{[(0,0185 \times \text{PV} + 0,305 (0,4 + 0,15 \times \%g) \times \text{kg leite}] \times \text{TEMP1} \times \text{MUD1}\} \times [1 - \exp(-(0,564 - 0,124 \times \text{PKMK}) \times (n + P))]$, em que %g = porcentagem de gordura do leite; TEMP1 é o fator de ajustamento da temperatura para CMS, assumido igual a 1; MUD1 é o fator de ajustamento da lama para CMS, assumido igual a 1; PKMK é a semana do pico de lactação, assumido igual a 2; e, se PKMK é 1 ou 2, P é 2,36.

⁷ Valores entre parênteses correspondem aos níveis descritivos do teste efetuado sobre as correlações.

natureza da FDN em fragmentar, sobre a ação da digestão microbológica, os movimentos ruminais e a mastigação. No caso do CNCPS 4.0, apesar de as vacas serem mestiças, o grau de sangue as enquadra como vacas de aptidão leiteira.

As rações consumidas pelas vacas apresentaram um coeficiente médio de digestibilidade aparente da matéria seca de $61,50 \pm 4,36\%$. Nesse caso, de acordo com Conrad et al. (1963), quando a digestibilidade da matéria seca é inferior a 67%, o apetite é controlado, principalmente, por fatores físicos.

De acordo com a Tabela 9, os consumos de matéria seca das rações, citadas na Tabela 5, foram limitados, principalmente, pela repleção ruminal, ensilagem da planta de milho e do capim-elefante, proporção de caule e inclusão de CPNDR à cana.

Na Tabela 10, apresentam-se a produção e composição química do leite. No contraste SMC x DEMAIS, as produções médias diárias, por vaca, de leite real e a corrigida para gordura foram de 14,70 e 13,89 kg e a dos constituintes, proteína e sólidos totais, 0,41 e 1,83 kg, respectivamente. Já a produção da gordura foi inferior 5,88%. O teor de proteína e sólidos totais daquele leite ficou, na média, 28 e 125 g kg⁻¹ de leite e o teor da gordura, inferior a 8,50%.

As produções do leite e dos constituintes, exceto a proteína, foram superiores no contraste SCE x cana. As produções real e corrigida para gordura do leite aumentaram 6,35 e 12,21%, assim como as da gordura e sólidos totais, em 16,67 e 8,55%. Da mesma forma, o teor da gordura foi superior 9,59%. Já os teores da proteína e sólidos totais permaneceram, na média, 28 e 126 g kg⁻¹ de leite, respectivamente. Nesse contraste, o valor descritivo $P < 0,0275$ do teor de sólidos totais é aparente, visto que na decomposição dos valores das variáveis independentes o valor descritivo da fonte de variação do tratamento foi $P = 0,1298$.

As produções diminuíram com a substituição do CPNDR por CPDR nas rações à base de SCE. As produções real e corrigida, para gordura do leite, tiveram reduções de 16,10 e 13,66%, assim como dos constituintes gordura, 11,11%; proteína, 15,56%; e sólidos totais, 15,94%. Os teores da proteína e dos sólidos totais permaneceram inalterados em 28 e 127 g kg⁻¹ de leite, enquanto o da gordura aumentou 5,13%.

Tabela 10 – Produção média e composição química do leite de vacas arraçadas com diferentes volumosos suplementados com concentrado, com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Itens	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
Produções (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)										
Leite										
Real	14,70	13,76	16,40	14,44	13,92	1,226	0,8676	0,0300	0,0001	0,3504
LCG	13,66	13,84	16,03	13,46	13,16	1,086	0,2348	0,0001	0,0001	0,5465
Constituintes										
Gordura	0,52	0,56	0,63	0,51	0,51	0,045	0,0488	0,0001	0,0010	0,7799
Proteína	0,41	0,38	0,45	0,42	0,38	0,033	0,8331	0,0657	0,0001	0,0327
Sólidos totais	1,82	1,74	2,07	1,79	1,72	0,157	0,8493	0,0055	0,0001	0,2780
Composições (g kg ⁻¹ leite)										
Gordura	35,00	41,00	39,00	36,00	37,00	1,988	0,0005	0,0001	0,0253	0,4388
Proteína	28,00	28,00	28,00	29,00	28,00	1,653	0,4845	0,5462	0,7382	0,0803
Sólidos totais	124,00	127,00	127,00	125,00	124,00	3,576	0,1856	0,0275	0,5574	0,6605

LCG = leite corrigido para 4% de gordura.

¹ Desvio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

Nas rações à base de cana suplementada com CPDR x CPNDR, não houve alteração nos valores da produção e na composição química do leite, com exceção da produção de proteína. A produção real média diária, por vaca, do leite e dos sólidos totais foi de 14,18 e 1,76 kg, respectivamente. Nessas produções, a proteína foi superior 10,53%.

Os desempenhos produtivos das vacas que receberam rações à base de SCE em relação à cana foram superiores. De acordo com a Tabela 6, a disponibilidade diária da fração A do carboidrato foi 81 vezes maior na ração à base de cana que na SCE. Maior quantidade de carboidrato prontamente fermentescível no rúmen, mesmo descontando a fração armazenada nos protozoários (Leng e Nolan, 1984), pode ter impossibilitado a efetiva utilização do ATP na promoção do crescimento microbiano. Além disso, o maior tempo de permanência ruminal da cana e a menor disponibilidade da PDR (Tabela 7) possibilitaram diminuição na eficiência de crescimento dos microrganismos.

Pelos contrastes SMC x DEMAIS e cana/CPDR x cana/CPNDR, verificou-se que a produção de leite não variou. As produções leiteiras diárias, corrigidas para 4% de gordura, das vacas arraçadas com a SCE superaram aquelas com cana em 12%, e, quando se suplementou a SCE com o CPNDR, o incremento produtivo foi de 16%, próximo aos observados por Santos et al. (1998) em vacas produzindo acima de 20 kg de leite dia⁻¹.

Os pesos vivos médios das vacas foram de 526 ± 64; 523 ± 67; 542 ± 65; 521 ± 73; e 532 ± 60 kg com as respectivas rações SMC, SEC/CPDE, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. Considerando-se esses pesos, a conversão alimentar do leite corrigido para 4% de gordura, calculada a partir das Tabelas 5 e 10, foi 12% maior nas rações que não incluíram o CPNDR. Fox et al. (2000) e Santos et al. (1998) relataram que a produção de leite é correlacionada com os perfis aminoacídicos da proteína microbiana e da PNDR que chegam ao intestino delgado. Naquelas rações ocorreram maiores escapes da fração B₂ de proteína (Tabela 7), possibilitando melhor utilização de seus nutrientes na produção de leite. Na ração à base de cana com CPNDR em relação ao CPDR, o maior escape da fração B₂ de proteína estabilizou a produção de leite, por ter reduzido o consumo de matéria seca (Tabela 5) e limitado a disponibilidade de PDR (Tabela 7).

Reis (2000) obteve produção de leite com 4% de gordura, próxima à observada neste trabalho, em um mesmo sistema de alimentação à base de

volumoso do capim-elefante com CPDR. A similaridade desta observação sugere que os potenciais de produção de leite das rações permaneceram inalterados, apesar de o capim-elefante utilizado por Reis (2000) possuir 19% a mais de FDN.

A FDN efetiva da ração representa todas as propriedades do alimento, inclusive as físicas, que ajudam a manter o teor de gordura do leite e só podem ser avaliadas biologicamente (Mertens, 1997).

Pitt et al. (1996) relataram que a efetividade da FDN é mais correlacionada com o pH ruminal do que com a forragem ou a própria FDN, sugerindo níveis de até 20% de FDN efetiva como ideais para manter o pH acima de 6,2. A efetividade da FDN nas rações com SCE foi superior à da cana, por ter produzido leite com 10% a mais de gordura. No caso da cana, a fermentação da fração A de carboidrato consumido em alta quantidade e a resistência à digestão da fração B₂ (Tabela 8) são indicativos de maior e menor produções de propionato e acetato e, por conseguinte, de menor síntese de gordura no leite.

Hoover e Stokes (1991) relataram que a máxima digestibilidade da matéria seca e a maior produção de proteína microbiana são encontradas quando a ração contém de 10 a 13% de proteína bruta e 56% do carboidrato total, em CNF. Esse teor nas rações à base de SCE foi menor e, nas rações à base de cana, de 658 g de CNF kg⁻¹ de carboidrato total. Mesmo assim, as produções de leite com essa ração foram menores (Tabela 4). Essa não-concordância com os relatos de Hoover e Stokes (1991) possivelmente se deve ao elevado nível de consumo da fração A de carboidrato nas rações à base de cana (Tabela 6).

Um aspecto relevante da cinética de degradação ruminal do carboidrato e da proteína observado na ração à base de SCE foi o fato de que nessa ração as disponibilidades indireta, via fígado, e direta, via intestino delgado, da glicose para síntese do carboidrato do leite possibilitam ração superior com CPDR (Tabela 7). A substituição por CPNDR não alterou os consumos da PB nem do carboidrato (Tabela 6) e, ainda, aumentou o escape da PNDR (Tabela 7), como também da produção de leite. Isso indica que deve haver investigações, em nível das células secretoras de leite, a respeito da disponibilidade de aminoácidos limitantes contribuindo para o aumento da taxa de utilização da glicose circulante.

Conclusões

A ração tendo como volumoso a silagem de milho não apresentou, comparada com as demais, em nível de 60% de volumoso, diferença no consumo de matéria seca e de carboidrato e, por conseguinte, na produção de leite com a mesma concentração de proteína e sólidos totais. Já a ração à base de silagem de capim-elefante, em comparação com aquela com cana, possibilitou produzir leite com melhor eficiência e maior teor de gordura.

A suplementação da silagem de capim-elefante com concentrado acrescido de farinha de peixe e farelo de glúten de milho possibilitou produção de 19% a mais de leite com menor teor de gordura e menor conversão alimentar. No entanto, no caso da cana houve diminuição no consumo de matéria seca, sem provocar alterações na produção de leite e na sua composição química.

A fração B₂ de carboidrato da cana, em relação à da silagem de capim-elefante, teve digestão aparente baixa e não foi alterada pelo consumo ou pela inclusão de fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal ao concentrado.

Referências Bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. CAB International. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 159 p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351 p.

ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1447-1462, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 15th ed. Washington, D.C.: AOAC, 1990. 1117 p.

BAILE, C.A. Control of feed intake and the fat depots. **Journal of Dairy Science**, v. 54, n. 4, p. 564-582, 1960.

BALCH, C.C.; CAMPLING, R.C. Regulation of voluntary food intake in ruminants. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v. 32, n. 3, p. 669-686, 1962.

BAUMAN, D.E.; CURRIE, W.B. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 9, p. 1514-1529, 1980.

BAUMGARDT, B.R.; TAYLOR, M.W.; CASON, J.L. Evaluation of forages in the laboratory. II. Simplified rumen procedure for obtaining repeatable estimates of forage nutritive value. **Journal of Dairy Science**, v. 45, n. 1, p. 62-68, 1962.

BEEVER, D.E.; CAMMELL, S.B.; THOMAS, C. et al. The effect of date of cut and barley substitution on gain and on the efficiency of utilization of grass silage by growing cattle. **British Journal of Nutrition**, v. 60, n. 2, p. 307-319, 1988.

BRODERICK, G.A. Relative value of fish meal versus solvent soybean meal for lactating dairy cows fed alfalfa silage as sole forage. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 1, p. 174-183, 1992.

BRODERICK, G.A.; CRAIG, W.M.; RICKER, D.B. Urea versus true protein as supplement for lactating dairy cows fed grain plus mixtures of alfalfa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 8, p. 2266-2274, 1993.

COELHO, D.T.; ROCHA, J.A.A. **Práticas de processamento de produtos de origem animal**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 58 p.

CONRAD, H.R.; PRATT, A.D.; HIBBS, J.W. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. **Journal of Dairy Science**, v. 47, n. 1, p. 54-61, 1963.

DERESZ, F.; MOZZER, O.L. Produção de leite em pastagem de capim-elefante. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; XAVIER, D.R.; CARVALHO, L.A. (Eds.). **Capim-elefante: produção e utilização**. Coronel Pacheco, MG: EMBRAPA – CNPGL, 1994. p. 195-215.

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

ELLIS, W.C.; MATIS, J.H.; HILL, T.M. et al. Methodology for estimating digestion and passage kinetics of forage. In: FAHEY, JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: ASA – CSSA – SSSA, 1994. p. 682-756.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O`CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; VAN AMBURGH, M.E et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. Ithaca: Cornell University Press, 2000. 237 p. (Model documentation; CNCPS version 4.0).

GALYEAN, M.L.; GOETSCH, A.L. Utilization of forage fiber by ruminants. In: JUNG, H.G.; BUXTON, R.D. (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA – CSSA – SSSA, 1993. p. 34-62.

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

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3630-3644, 1991.

HUNTINGTON, G.B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 852-867, 1997.

INÁCIO NÉTO, A.; REZENDE, C.A.P.; PAIVA, P.C.A. et al. Consumo alimentar de bezerros holandês x zebu, alimentados com silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv Cameroon), fubá de milho e saccharina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Gnosis, 1999. 282 p. (CD-ROM – Nutrição de ruminantes. Consumo e valor nutritivo, NUR - 108).

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

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADRES FILHO, S.C. et al. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em rações completas para vacas em lactação. I. Produção e composição do leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000, Viçosa. **Anais...** São Paulo: Gnosis, 2000. (CD-ROM – Nutrição de ruminantes; Poster 1114).

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, n. 8, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.

MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press, 1990. 483 p.

MORA, P.J.G. **Utilização de diferentes níveis de grão de soja (*Glycine max* L.) cru moído em rações concentradas e determinação da energia líquida da silagem de milho (*Zea mays* L.) para vacas em lactação**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1995. 104 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7th Revised Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th Revised Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 5, p. 1005-1028, 1997.

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

NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. p. 123-143.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. 2. ed. London: Academic Press, 1982. 160 p.

PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 4, p. 1063-1073, 1993.

PEREIRA, E.S. **Dinâmica ruminal e pós-ruminal da proteína e de CHOs:** aplicação de um modelo matemático para avaliação de rações à base de cana-de-açúcar. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 95 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PITT, R.E.; VAN KESSEL, J.S.; FOX, D.G. et al. Prediction of ruminal volatile fatty acids and pH within the net carbohydrate and protein system. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 1, p. 226-244, 1996.

POPPI, D.P.; MINSON, D.J.; TERNOUTH, J.H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. III the retention time in the rumen of large feed particles. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 32, p. 123-137, 1981.

REIS, C.S. **Utilização do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mineiro), submetido à adubação química e orgânica, na alimentação de vacas leiteiras.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A. et al. Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vaca de leite (consumo alimentar). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** São Paulo: Gnosis, 2000. (CD-ROM; Nutrição de Ruminantes – Poster 0579).

RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; ESTEVES, S.M. Potencial e limitações da cana como alimento de bovinos. **Balde branco**, v. 35, n. 415, p. 52-58, 1999.

ROFFLER, R.E.; SATTER, L.D. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. I. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 12, p. 1880-1889, 1975.

ROFFLER, R.E.; SATTER, L.D. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. II. Application of published evidence to the development of a theoretical model for predicting nonprotein nitrogen utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 12, p. 1889-1899, 1975.

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

RUSSEL, J.B.; STROBEL, H.J. Microbial energetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.** Cambridge: University Press, 1993. p. 165-215.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B. et al. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 12, p. 3182-3213, 1998.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Windows, release 6.12**. Cary, NC, USA, 1996. (CD-ROM).

SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 8, p. 1219-1237, 1975.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production "in vitro". **British Journal Nutrition**, v. 32, n. 2, p. 199-209, 1974.

SHRIVER, B.J.; HOOVER, W.H.; SARGENT, J.P. et al. Fermentation of a high concentrate diet as affected by ruminal pH and digesta flow. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 2, p. 413-419, 1986.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** – Métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002.165 p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

UDÉN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. **Journal of Science Food Agricultural**, v. 31, n. 6, p. 625-632, 1980.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, p. 95-110, 1992.

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G.; BUXTON, R.D. (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA – CSSA – SSSA, 1993. p. 1-27.

Determinação da Energia Líquida (Manutenção e Produção) das Silagens de Milho e de Capim-Elefante e da Cana-de-Açúcar para Vacas Leiteiras

RESUMO – Este trabalho objetivou determinar a energia líquida do leite (EL_l) e o consumo de energia líquida (manutenção e produção) – ($[EL_{m+p}]$) – das silagens de milho e capim-elefante (SCE) e da cana, bem como a eficiência energética bruta para lactação (k_l) das respectivas rações. Foi também objetivo deste trabalho validar as previsões do consumo de $[EL_{m+p}]$ de diferentes volumosos, de acordo com os modelos matemáticos propostos por diversos autores. Esta pesquisa foi desenvolvida com base nos seguintes tratamentos: silagem de milho com concentrado convencional (SMC) e SCE e cana com concentrados preparados com fontes de proteína de diferentes níveis de degradação no rúmen. Dessas rações foram utilizados os dados de composição bromatológica e consumo dos ingredientes, de degradação ruminal dos nutrientes, de nutrientes digeríveis totais aparentes (NDT_{apar}) e da produção e composição química e EL_l do leite. A partir dos valores obtidos para essas variáveis, juntamente com os estimados de EL_m dos animais e de $[EL_{m+p}]$ dos ingredientes dos concentrados, obteve-se o consumo da $[EL_{m+p}]$ dos volumosos. As k_l das rações foram calculadas com base no consumo da energia metabolizável aparente $[EM_{apar}]$. Todos esses valores foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas no nível de probabilidade de 0,05, pelo teste F, por meio dos contrastes ortogonais SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR e cana/CPDR x cana/CPNDR. Utilizando os modelos matemáticos propostos por Moe et al. (1972), Mertens (1987), Chandler (1990), Boever et al. (1999) e NRC (2001), foram preditos os consumos de $[EL_{m+p}]$, em $Mcal\ kg^{-1}$ de matéria seca, para todas as classes de volumosos. As regressões dos valores observados de consumo de $[EL_{m+p}]$ sobre os preditos foram analisadas com base nos parâmetros estimados dos “ β ” e seus intervalos de confiança, nas hipóteses de $H_0^{(a)} : \beta_0 = 0$ e $H_0^{(b)} : \beta_1 = 1$, no nível de probabilidade de 0,05, pelo teste t, e no comportamento das regressões. EL_l e k_l não foram alteradas nem pela variação do volumoso e nem pela mudança das fontes protéicas, nos contrastes SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR e cana/CPDR x cana/CPNDR. Para esses contrastes, os valores foram, respectivamente, de

9,27; 9,32; 9,97; e 8,66 Mcal dia⁻¹ para o leite produzido e de 30,65; 30,14; 31,40; e 28,87% para k_l . Nos três primeiros contrastes, a $[EL_{m+p}]$ dos volumosos foram em média, respectivamente, 1,05; 1,03; e 1,01 Mcal kg⁻¹ de matéria seca. No último (cana/CPDR x cana/CPNDR), a substituição do CPNDR por CPDR na ração à base de cana reduziu em 32,57% a $[EL_{m+p}]$ desse volumoso. Os modelos matemáticos de $[EL_{m+p}]$ das silagens de milho e capim-elefante, sem as frações de concentrado energético, e da cana, propostos por Chandler (1990) e pelo NRC (2001), podem assumir o comportamento ideal da reta $Y=X$. Entretanto, o intervalo de confiança do β_1 do primeiro estimador em relação ao segundo foi de 155% superior e deste em relação à média da $[EL_{m+p}]$ de todas as classes de volumosos, de 36% a mais.

Palavras-chave: energia líquida, cana-de-açúcar, silagem, vaca leiteira, eficiência e validação.

Determination of the Net Energy (Maintenance and Production) of Silages, of Corn and Elephant Grass, and of the Sugar Cane for Dairy Cows

ABSTRACT – The objectives of this work were to determine the net energy from the milk (NE_l), the intake of net energy (maintenance and production) – ($[NE_{m+p}]$) – from the corn and elephant grass (EGS) silages and from the cane as well as the gross energetic efficiency for lactation (k_l) of their respective rations. Another objective of this work was to validate the predictions of the intake of $[NE_{m+p}]$ of different forages in agreement with the mathematical models proposed by several authors. This work was developed based on the following treatments: corn silage with conventional concentrate (CSC) and EGS and cane with prepared concentrates with sources of protein of different degradation levels in the rumen. These rations were used to obtain the data for the chemical composition, for the ingredients intake, for the ruminal degradation of the nutrients, for apparent total digestible nutrients ($_{apar}TDN$) and for the production and chemical composition and NE_l of the milk. Starting from these values obtained from these variables altogether with the values predicted of NE_m of the animals and of $[NE_{m+p}]$ of the ingredients of the concentrates, the intake $[NE_{m+p}]$ value of the forages came to a result. The k_l of the rations were calculated based on the intakes of the apparent metabolizable energy [$_{apar}ME$]. All these values were submitted to variance analyses and the means were compared to the level of the probability of 0,05 by the test F, through the orthogonal contrasts CSC x THE OTHERS, EGS x cane, EGS /CDPR x EGS /CUPR and cane/CDPR x cane/CUPR. Using the mathematical models proposed by Moe et al. (1972), Mertens (1987), Chandler (1990), Boever et al. (1999) and NRC (2001) the $[NE_{m+p}]$ intakes, in $Mcal\ kg^{-1}$ of dry matter for all the classes of forages were predicted. The regressions of the observed values of $[NE_{m+p}]$ intake in relation to those predicted ones were analyzed based on the predicted parameters of " β ", their trusted intervals, in the hypothesis of $H_0^{(a)}$: $\beta_0 = 0$ and $H_0^{(b)}$: $\beta_1 = 1$ at the level of the probability 0,05 by the test t and, in the regression behaviors. The NE_l and k_l were not altered neither for the intake variation and nor for the change of the sources of the protein, in the contrasts CSC x THE OTHERS, EGS x cane, EGS/CDPR x EGS/CUPR and cane/CDPR x cane/CUPR. For these contrasts the values were respectively: 9,27; 9,32;

9,97 and 8,66 Mcal day⁻¹ for the milk production and 30,65; 30,14; 31,40 and 28,87% for k_l . In the first three contrasts, the $[NE_{m+p}]$ means of the forages were respectively: 1,05; 1,03 and 1,01 Mcal kg⁻¹ of dry matter. In the last contrast (cane/CDPR x cane/CUPR) the substitution of CUPR for CDPR in the cane based ration reduced in 32,57% the $[NE_{m+p}]$ of this forage. The mathematical models of the $[NE_{m+p}]$ of the corn silage and EGS, without the fractions of the energetic concentrate and of the cane, proposed by Chandler (1990) and by NRC (2001) the ideal behavior of the straight line $Y=X$ can be assumed. However, the trusted interval of the β_1 from Chandler's model compared with the second one was 155% superior and compared to the means of the $[NE_{m+p}]$ all the classes of forages were 36% higher.

Key Words: net energy, sugar cane, silage, dairy cow, efficiency and validation.

Introdução

A energia armazenada nos produtos primários da cadeia alimentar, juntamente com a energia das reservas teciduais, de natureza endógena, quando descontadas as perdas no processo de transformação, é conservada, no produto leite, com eficiências que vão depender do alimento, animal, clima e manejo. As determinações do valor da energia dos alimentos e sua eficiência de transformação, em leite ou carne, permitem antever os seus potenciais nutritivos e, por conseguinte, selecioná-los, incluindo-os nos sistemas de produção leiteira.

Existem, basicamente, dois métodos para classificação dos alimentos, segundo seus valores energéticos: o método dos nutrientes digeríveis totais (NDT) e o calorimétrico, baseado em unidade energética por unidade de massa. O método calorimétrico permite a decomposição do total da energia conservada nos alimentos até a energia líquida, que representa o total de energia disponível para as funções de manutenção e produção (EL_{m+p}).

O NDT pode ser obtido indiretamente, considerando-se a composição bromatológica dos alimentos e a estimativa da fração endógena (NRC, 2001), ou diretamente, por meio de ensaios de digestões que resultam em uma estimativa do NDT aparente. Esse referencial energético dos alimentos é um dos mais antigos valores tabelados para a maioria deles. No cômputo desse valor, não são consideradas as perdas energéticas no rúmen, devido ao “energy spilling” (Nocek e Russell, 1988; Russell e Strobel, 1993) e à produção de metano (Moe e Tyrrel, 1979), e no processo anaeróbico de utilização e reciclagem dos nutrientes para manutenção e produção da microbiota ruminal (Leng e Nolan, 1984; Russel et al., 1992). Também, não são consideradas as perdas no fígado, para neutralização dos excessos de amônia (NH_3) a partir do nitrogênio não-protéico e da proteína degradada no rúmen (PDR) das rações (Moe et al., 1972), e nos compostos orgânicos da urina e nem as perdas devido ao processo aeróbico, principalmente na utilização dos nutrientes para manutenção e produção (Guyton e Hall, 1996). Se não forem ajustadas para o plano nutricional, em relação ao nível de manutenção, as estimativas do NDT dos alimentos volumosos serão superestimadas (Van soest, 1994).

O sistema calorimétrico direto ameniza as desvantagens do sistema NDT, em virtude da obtenção de valores da $[EL_{m+p}]$ dos alimentos, medindo-se o calor emanado da vaca e retido na forma de energia química de metano, em câmara adiabática de circuito fechado (Moe et al., 1972; Van soest, 1994). O sistema calorimétrico indireto estima a produção de calor a partir do quociente respiratório obtido em circuito aberto ou fechado (Blaxter, 1969). Os valores energéticos dos alimentos também podem ser quantificados: pelo método do abate comparativo (Lofgreen e Garrett, 1968), pelas estimativas com a vaca em sua rotina de produção (Oliveira, 1995) e por meio de estimadores que utilizam parâmetros da composição bromatológica dos alimentos e ensaios de digestibilidade “in vitro” com fluido ruminal ou enzimas (Boever et al., 1999). Por estimativas, da vaca em sua rotina de produção devem-se prever as necessidades energéticas de manutenção e as verificadas em função da gestação, bem como os valores energéticos do ganho ou da perda de tecido.

Por meio de coeficiente de correção, estimado em câmara adiabática de circuito fechado, o consumo da energia bruta dos alimentos, conforme a digestibilidade e sua eficiência de utilização, pode ser designado consumo de energia digerível, metabolizável ($[EM]$), incremento calorífico e EL diversificada em manutenção (EL_m), ganho (EL_g), gestação (EL_{gest}) e produção de leite – EL_l – (Moe et al., 1972; Van soest, 1994).

Moe et al. (1972) verificaram que a eficiência de utilização da $[EM]$ dos alimentos para produção de leite e síntese de tecido na vaca leiteira, em câmara adiabática de circuito fechado, não diferiu entre si. Com esse trabalho puderam evidenciar, também, que a eficiência energética estimada a partir da $[EM]$ consumida é de melhor credibilidade que a energia digerível, por excluir as perdas da digestão.

As determinações dos valores energéticos dos alimentos pelo método do abate comparativo ou estimado com a vaca em sua rotina de produção, comparados com os métodos da calorimetria direta ou indireta, têm as vantagens de apresentar custos baixos e versáteis.

Saama et al. (1995) estudaram a partição da energia das rações, em vacas lactantes, por determinação direta e por estimação, a partir de dados tabelados de valores energéticos dos alimentos e das exigências líquidas para manutenção e lactação. Nesse estudo, eles verificaram correlações canônicas

entre os valores, determinados e estimados para o consumo de $[EM]$ e $[EL_{m+p}]$, de 0,76 e 0,70, respectivamente.

Este trabalho objetivou determinar valores de energia líquida do leite e de energia de manutenção mais a de produção das silagens de milho, capim-elefante e cana-de-açúcar. Objetivou também estimar a eficiência bruta de utilização da $[EM_{apar}]$ em leite e a efetividade de alguns estimadores empíricos na predição da $[EL_{m+p}]$ dos volumosos estudados, em vacas leiteiras alimentadas com ração à base de volumosos suplementados com concentrados contendo fontes protéicas de diferentes níveis de degradabilidade no rúmen.

Material e métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), situado na cidade mineira de Bambuí, cujas informações geográficas e climatológicas podem ser visualizadas em Reis (2000).

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados da base experimental descrita em Reis (2000), em que se utilizaram na alimentação dos animais silagem de milho e concentrado convencional (SMC), silagem de capim-elefante enriquecida com fubá de milho (SCE) e cana, associadas a diferentes concentrados contendo proteína de degradabilidade ruminal diferente. Essas rações receberam a designação de SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR.

As metodologias utilizadas para obter as composições bromatológicas, os consumos de alimentos, as degradações da proteína e do carboidrato, os nutrientes digeríveis totais aparentes (NDT_{apar}) e as produções e composições químicas do leite também constam em Reis (2000).

A energia bruta do leite foi determinada em bomba calorimétrica, conforme descrita por Silva e Queiroz (2002), de cujo valor, depois de descontado o valor energético da cápsula de polietileno, foi considerada a energia líquida do leite (EL_l).

Para estimar as exigências em EL_m , a variação de peso dos animais foi excluída em virtude da variação do conteúdo gastrointestinal, sendo considerado o peso médio por período de 21 dias.

A estimativa da $[EL_{m+p}]$, em $Mcal\ kg^{-1}$ de matéria seca do volumoso, foi feita a partir das exigências em EL_m , e as determinações o foram a partir da EL_l . A EL_m foi estimada com base no NRC (2001), considerando-se a locomoção, conforme explicitado a seguir:

$$EL_m = (0,08\ Mcal \times kg^{0,75}) + 0,00045\ Mcal\ kg^{-1}\ de\ peso\ vivo\ km^{-1}$$

A energia líquida de manutenção e produção do volumoso ($[EL_{m+p}V]$) foi estimada utilizando a equação sugerida por Reis (2000), conforme descrita abaixo:

$$[EL_{m+p}V] = [(EL_m + EL_l) \div CMS - (P_c \times [EL_{m+p}C])] \div P_v$$

em que P_c é a proporção de concentrado na ração em 0,4, P_v a proporção de volumoso na ração em 0,6 e $[EL_{m+p}C]$, em $Mcal\ kg^{-1}$ de matéria seca, a energia líquida de manutenção e produção do concentrado.

Os valores, citados a seguir, das $[EL_{m+p}]$ dos alimentos empregados na elaboração dos concentrados foram estimados no nível 2x do plano nutricional de manutenção, de acordo com Fox et al. (2000):

$[EL_{m+p}\ \text{farelo de soja solvente}] = 1,9243\ Mcal\ kg^{-1}$ de matéria seca (MS);

$[EL_{m+p}\ \text{fubá de milho}] = 1,9422\ Mcal\ kg^{-1}$ de MS;

$[EL_{m+p}\ \text{milho desintegrado com palha e sabugo}] = 1,7822\ Mcal\ kg^{-1}$ de MS;

$[EL_{m+p}\ \text{gordura de bovino}] = 3,1929\ Mcal\ kg^{-1}$ de MS;

$[EL_{m+p}\ \text{farelo de glúten de milho}] = 1,9983\ Mcal\ kg^{-1}$ de MS; e

$[EL_{m+p}\ \text{farinha de peixe}] = 1,5448\ Mcal\ kg^{-1}$ de MS.

A eficiência na utilização da energia para lactação (k_l) foi estimada por meio da divisão da energia retida na produção de leite e $[EM]$ consumida por dia.

O consumo da energia metabolizável aparente [EM_{apar}] foi estimado com base no NRC (2001), utilizando-se os dados relativos dos teores de NDT_{apar} medidos diretamente dos ensaios de digestão.

O delineamento experimental adotado foi o quadrado latino 5 x 5 repetido no tempo, conforme descrição prévia em Reis (2000). Para todas as análises estatísticas, utilizou-se o programa SAS[®] versão 6.12.

Resultados e discussão

Os valores estimados das EL_m foram, respectivamente, de 9,01 ± 0,82; 8,97 ± 0,86; 9,22 ± 0,83; 8,94 ± 0,95; e 9,08 ± 0,77 Mcal dia⁻¹, para as rações SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. A energia perdida na forma de metano (ECH₄) foi estimada conforme a equação $ECH_4 = 0,227 + 0,285 \times \text{kg de carboidrato não-fibroso degradado} + 0,630 \times \text{kg de hemicelulose degradada} + 1,521 \times \text{kg de celulose degradada}$, proposta por Moe e Tyrrell (1979), cujos valores, expressos em Mcal dia⁻¹, foram de 3,62 ± 0,34; 3,31 ± 0,34; 3,34 ± 0,29; 3,54 ± 0,70; e 2,91 ± 0,24, para as respectivas rações.

Os valores médios do contraste SMC x DEMAIS obtidos para EL_i, [EL_{m+p}] dos volumosos e KI da ração, em leite (K_i), foram de 9,27 Mcal dia⁻¹, 1,05 Mcal kg⁻¹ de matéria seca e 30,65%, respectivamente, enquanto para o contraste SCE x cana, de 9,32 Mcal dia⁻¹, 1,03 Mcal kg⁻¹ de matéria seca e 30,14% para aquelas respectivas variáveis (Tabela 1). A substituição do CPNDR por CPDR nas rações à base de SCE e cana manteve a EL_i estável em 9,97 e 8,66 Mcal dia⁻¹ e a K_i, em 31,40 e 28,87%, respectivamente. Já a [EL_{m+p}] da SCE ficou em 1,01 Mcal kg⁻¹ de matéria seca, enquanto na da cana houve redução de 35,94%.

A EL_i do leite observada na ração à base de SCE foi de 7,07% superior (P=0,0505) quando o concentrado possuía um teor alto em proteína não-degradada no rúmen – PNDR – (Tabela 1). Como visto no 1º artigo/1º trabalho desta pesquisa, com essa ração foi maior a produção de leite, mas com menor teor de gordura, embora apresentasse igual teor de proteína. Dessa forma, a

Tabela 1 – Valores médios da energia líquida do leite, consumo de energia líquida de manutenção e produção, nutrientes digeríveis totais do volumoso e eficiência energética bruta para lactação, por vacas consumindo rações com diferentes volumosos suplementados com concentrado contendo fontes protéicas com alta e baixa degradabilidades ruminais

Itens	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
Lactação (Mcal dia ⁻¹)										
EL _I	9,22	9,60	10,33	8,60	8,72	1,0990	0,6076	0,1659	0,0505	0,3724
Volumoso										
[EL _{M+P} V] ³	1,07	0,99	1,03	0,82	1,28	0,1880	0,6361	0,3969	0,4033	0,0024
NDT ⁴	484,00	454,00	469,00	385,00	571,00	76,8540	0,6344	0,3854	0,3956	0,0024
Eficiência bruta (%)										
EL _I : [EM _{apar}]	31,16	30,99	31,80	27,16	30,58	3,1757	0,7449	0,9197	0,2064	0,1970

EL_l = energia líquida do leite e EL_{m+p}V = energia líquida (manutenção e produção) do volumoso.

¹ Devio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

³ em Mcal kg⁻¹ de matéria seca.

⁴ %NDT = ([EL_{m+p}V] + 0,12)/0,0245 e NDT em g kg⁻¹ de matéria seca (NRC, 2001).

produção energética do leite das vacas consumindo rações à base de SCE e CPNDR x CPDR para terem a mesma demanda EL_l terá que ser maior, como também a quantidade de leite produzido. Considerando-se a variação absoluta da energia do metano, nessas rações, de $1,03 \pm 0,05$ Mcal dia^{-1} e desprezando-se a de manutenção de $0,25 \pm 0,03$ Mcal dia^{-1} , a produção do leite teria sido superior em $1,64$ kg dia^{-1} . Na mesma tabela, nota-se também um percentual de 15,07% a mais ($P=0,1659$) na EL_l do leite produzido com rações à base de SCE x cana. No 1º trabalho, foi constatado maior efetividade da FDN da ração à base de SCE em relação à de cana. Isso equivale dizer que, para cada kg de leite produzido com as rações à base de SCE e cana, considerando terem os mesmos valores protéicos, a demanda energética do animal é maior com a primeira ração. Já, se comparada essa ração com a de cana, as perdas energéticas em metano foram relativamente menores que 12% e as necessidades de manutenção, bem próximas.

A diferença entre a $[EL_{m+p}]$ do volumoso, em Mcal kg^{-1} de matéria seca, comparada pelo contraste cana/CPNDR x cana/CPNDR foi significativa, o que não ocorreu para os demais contrastes (Tabela 1). Os consumos de matéria seca das rações foram, como visto no 1º trabalho, menores, e as produções de leite não se alteraram ($P=0,3504$) com rações à base de cana suplementadas com o CPNDR. Nas rações cana/CPNDR x cana/CPNDR foram estimadas perdas absolutas de $0,63 \pm 0,46$ Mcal dia^{-1} a menos da energia, em metano. A demanda energética para manutenção foi bem próxima, o que corrobora a teoria de que baixo nível de PDR interfere na degradação da FDN.

Moe e Tyrrel (1979) observaram que perdas de energia na forma de metano, devido às degradações da hemicelulose e da celulose, foram duas e cinco vezes maiores, respectivamente, que as verificadas nas degradações dos CNF. No entanto, a menor conversão alimentar de leite, nas rações com cana/CPNDR, indica melhores utilizações dos carboidratos degradados no rúmen, proporcionados pelos maiores tempos de permanência, juntamente com o baixo consumo dessas rações (1º artigo). No organismo dos animais que consumiram tais rações houve maior disponibilidade de aminoácidos limitantes ao nível da glândula mamária, proporcionada pelo escape de 107,34% a mais da fração B_2 de proteína (1º artigo). Isso, indiretamente,

permitiu demandar maiores quantidades de acetatos e propionatos absorvidos do rúmen para sínteses de gordura e lactose.

Oliveira (1995) obteve valor médio da $[EL_{m+p}]$ do capim-elefante de $1,10 \pm 0,11$ Mcal kg^{-1} de matéria seca em vacas mestiças produzindo $9,4 \pm 0,6$ kg de leite dia^{-1} com $3,56 \pm 0,35\%$ de gordura. Reis (2000), utilizando 60% de capim-elefante na matéria seca da ração, obteve valor médio de $[EL_{m+p}]$ de $0,98 \pm 0,22$ Mcal kg^{-1} de matéria seca, com as vacas produzindo, em média, $14,00 \pm 3,30$ kg de leite dia^{-1} com 4% de gordura. A SCE, em relação ao capim-elefante utilizado no trabalho de Oliveira (1995), apresentou 28% a menos de fibra em detergente ácido. Entretanto, o valor médio da $[EL_{m+p}]$ dessa SCE (Tabela 1) ficou 8% abaixo do observado por esse autor.

O menor valor energético da SCE em relação ao capim-elefante do estudo de Oliveira (1995), mesmo com um consumo de matéria seca de 23% a mais, deveu-se às perdas no processo fermentativo e à lixiviação observadas na época da ensilagem do capim-elefante. Essa silagem, com relação ao capim-elefante utilizado no trabalho de Reis (2000), foi conservada com aproximadamente 15% a menos de teor de FDN e praticamente manteve os valores de $[EL_{m+p}]$. Essa comparação permite reafirmar que as perdas energéticas do capim-elefante ocorreram devido ao processo fermentativo e à lixiviação.

Os valores de k_l , obtidos para os contrastes SCE x cana e cana/CPDR x cana/CPNDR foram, respectivamente, de 8,75% a mais ($P=0,9197$) e 11,18% a menos ($P=0,1970$). Nesses contrastes, os teores de NDT_{apar} das rações foram similares e os consumos, diferentes, exceto do carboidrato, no primeiro contraste, como visto no 1º trabalho desta tese.

Nas rações à base de SCE, em comparação com as de cana, as digestões da FDN foram destaques em superioridade, e a do CNF, em relação ao peso do animal, foi menor (1º artigo). Isso indica que, nessas rações, houve suprimento permanente de energia para o crescimento da biomassa ruminal. Já, no caso do CNF, o consumo excessivo e a alta disponibilidade ruminal (Fox et al., 2000), de um lado, possibilitaram redução na relação acetato:propionato com mais propionato para a síntese de glicose no fígado e, de outro, afetaram o crescimento microbiano, tanto por excesso quanto por falta de energia. No

segundo contraste (cana/CPDR x cana/CPNDR), o maior escape da fração B₂ de proteína nas rações cana/CPNDR permitiu maior taxa de utilização da glicose circulante, oriunda do propionato ruminal, em lactose do leite. De acordo com Satter e Slyter (1974), o teor de PDR no limite de 40 g kg⁻¹ de matéria seca afetou o crescimento, principalmente, das bactérias fibrolíticas. Dessa forma, a proteína de escape dessas bactérias, sendo compensada, em qualidade e quantidade, pela fração B₂ de origem alimentar, manteve estável a produção de leite com um baixo consumo de ração.

Brody (1945) verificou que a eficiência bruta de utilização do NDT consumido para animais, produzindo de 13 a 23 kg de leite dia⁻¹ com 4% de gordura, variou de 28 a 34%. Tais valores, se descontadas as perdas da digestão, aproximam-se mais dos observados na Tabela 1.

As estimativas da eficiência energética para ganho ou mobilização de tecidos corporais das vacas recebendo rações de SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR foram, respectivamente, de $-3,65 \pm 4,92$; $1,64 \pm 6,31$; $3,68 \pm 6,87$; $-3,67 \pm 6,05$; e $-4,07 \pm 9,40\%$. Considerando-se um sistema contínuo de alimentação, a k_i dos animais recebendo ração à base de SCE pode sobrepor a das rações com silagem de milho ou cana, sem afetar o desempenho reprodutivo dos animais. Saama et al. (1995) determinaram, por calorimetria, e estimaram, em regime de produção, a k_i para toda a lactação. Eles observaram 8,33% a mais nos valores de k_i estimados em relação aos observados. A k_i , com base no consumo da $[EM_{apar}]$ de todas as classes de ração da Tabela 1, foi 41,06% menor que a média estimada por Saama et al. (1995). Essas discrepâncias nos valores podem estar relacionadas à variação da retenção ou mobilidade de reservas corporais, não consideradas neste trabalho. As perdas energéticas decorrentes da interação do animal com o meio ambiente e a diversidade e qualidade dos volumosos deste trabalho também podem ter interferido nos resultados.

As estimativas dos parâmetros das regressões lineares relativos aos valores observados do consumo de $[EL_{m+p}]$ de todas as classes de volumosos, em relação aos preditos por vários autores, são verificados na Tabela 2, considerando-se os modelos $y = \beta_0 + \beta_1 X$. Com base nos valores do limite dos “ β ”, os modelos propostos por Chandler (1990) e NRC (2001) foram os que melhor se ajustaram, já os demais não puderam assumir o comportamento

Tabela 2 – Estimativas dos parâmetros relativos às regressões dos valores observados de consumos de energia líquida de manutenção e produção dos volumosos, em Mcal kg⁻¹ de MS, sobre os preditos por vários autores

Autores	Modelos Completos					
	β_0	Limite β_0		β_1	Limite β_1	
		Inferior	Superior		Inferior	Superior
Moe et al. (1972) ^{1/}	0,6087	-0,5413	1,7586	0,2750	-0,4343	0,9846
Mertens (1987) ^{2/}	0,7954	0,1821	1,4087	0,1853	-0,2518	0,6224
Chandler (1990) ^{3/}	0,2379	-2,4089	2,8848	0,5628	-1,2636	2,3892
Boever et al. (1999) ^{4/}	0,8332	0,3394	1,3269	0,1554	-0,1765	0,4672
NRC (2001) ^{5/}	0,6576	-0,1634	1,4787	0,3455	-0,3683	1,0593

^{1/} $[EL_{m+p}] = 0,0273 \times DMO_{vol} - 0,12$; em que DMO_{vol} = digestibilidade da matéria orgânica do volumoso.

^{2/} $[EL_{m+p}] = 2,863 - 0,0262 \times (\%FDN)$, em que FDN = fibra em detergente neutro.

^{3/} $[EL_{m+p}] = \{1,044 - [0,0119 \times (\%FDA)]\} / 0,4536$, em que FDA = fibra em detergente ácido.

^{4/} $[EL_{m+p}] = [14,79 - 0,0137 \times CZ - 0,0631 \times Lgn - 0,0112 \times PB - 0,0023 \times MS + 0,0283 \times (EE - 10)] \times 0,238846$, em que MS = matéria seca em g kg⁻¹ de matéria natural, CZ = cinza, Lgn = lignina, PB = proteína bruta e EE = extrato etéreo, todos em g kg⁻¹ MS.

^{5/} $[EL_{m+p}] = 0,0245 \times (\%NDT) - 0,12$.

ideal $Y=X$. Pela Figura 1, verifica-se que os pontos são dispersos em torno da reta $Y=X$, no modelo do NRC (2001), e abaixo no modelo de Chandler (1990). Tal comportamento evidencia, no modelo do NRC (2001), mais acurácia, porque, nele, o cálculo do NDT é feito com base no sistema somativo de Weiss et al. (1992), considerando-se o sistema para a classe de volumosos e a digestibilidade de nutriente endógeno fecal. Por isso, o modelo do NRC (2001) permite ser mais versátil que o de Chandler (1990), apresentando menor intervalo de confiança, principalmente para o β_1 . A exatidão do modelo empírico de Chandler (1990), em relação aos outros que não se ajustaram, está no emprego da fibra em detergente ácido que mais se aproxima da FDN_i , que não rende energia nem para os microrganismos e nem para o hospedeiro. Já, na Figura 1, evidencia-se que as equações de regressões dos modelos que se ajustaram interceptam a reta $Y=X$, caracterizando superestimação dos valores observados abaixo do ponto de intersecção e subestimação acima.

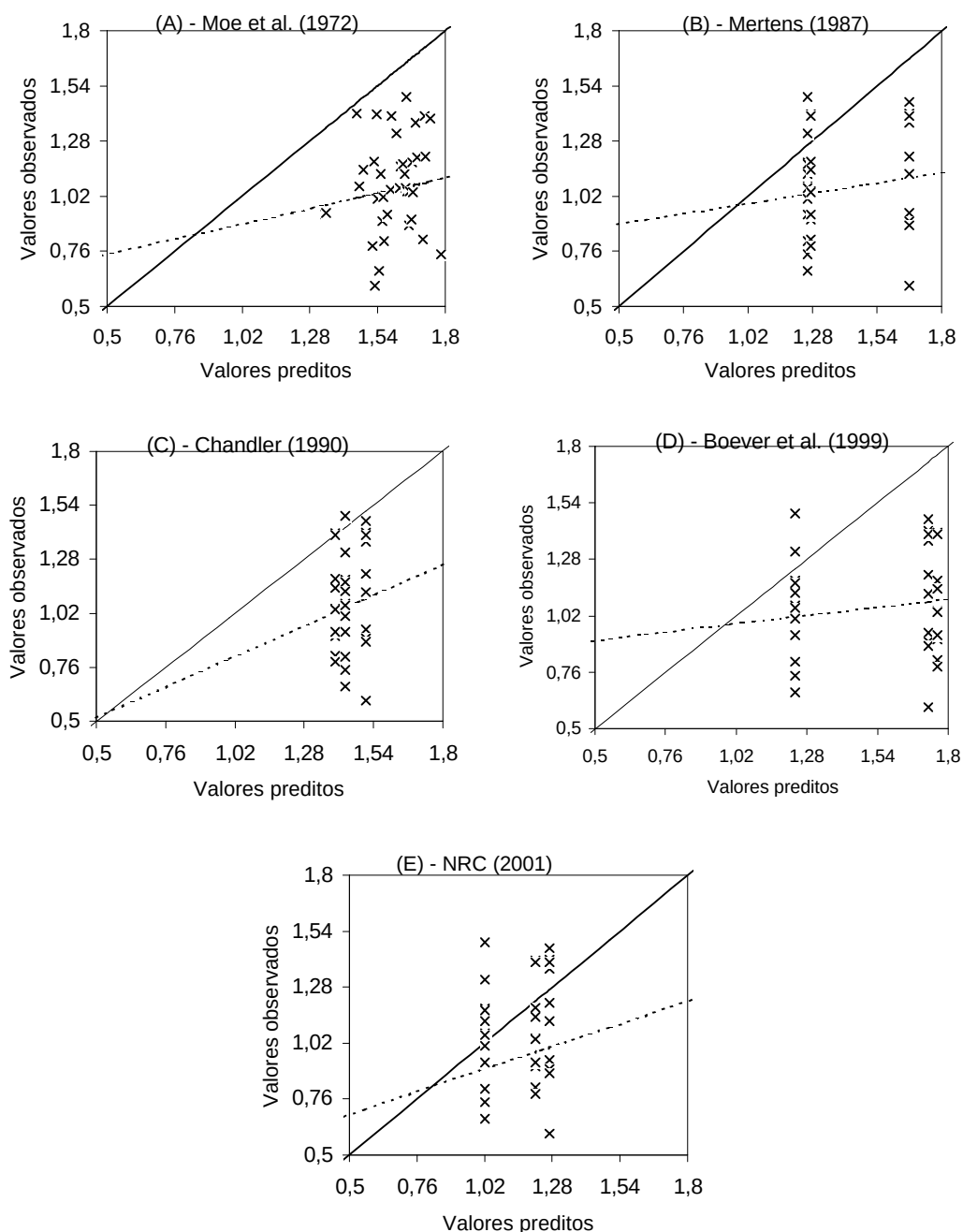


Figura 1 – Relação entre os consumos observados de energia líquida dos volumosos e os preditos por equações desenvolvidas por diversos autores (dados em Mcal kg^{-1} de matéria seca). As linhas contínuas representam a reta $Y = X$ e as pontilhadas, o comportamento da regressão.

As eficiências líquidas na utilização do carboidrato e da proteína de todas as classes de rações foram de 52 e 161%. Elas foram obtidas a partir das estimativas das degradações ruminais de 6.247 e 951 g dia⁻¹ dos respectivos nutrientes, discriminados da seguinte forma: 2.712 g dia⁻¹ de ácidos graxos voláteis, oriundos de carboidrato, que foram absorvidos e utilizados pela vaca, considerando $k_{iq} = 0,0984 \text{ h}^{-1}$ (1º artigo), relação acetato: propionato: butirato de 65:25:10 e uma produção média de ácidos graxos voláteis de 10 mol/80 L de fluido ruminal (Allen, 1997); 2.449 g dia⁻¹ de biomassa seca contendo 1.531 g de proteína, 517 g de carboidrato e 294 g de extrato etéreo (Leng e Nolan, 1984; Russel et al., 1992; Nolan, 1993; Dijkstra et al., 1998); 3.018 g dia⁻¹ de carboidratos gastos em “energy spilling” (Russell e Strobel, 1993), manutenção de bactéria (Russel et al., 1992) e na forma de metano e CO₂. O fluxo de biomassa do rúmen de 60% é devido à reciclagem interna de bactérias (Sniffen et al., 1992), o que contribui também para a redução da efetiva utilização do carboidrato e da proteína.

Russel e Strobel (1993) cultivaram *Streptococcus bovis* em cultura contínua, variando o consumo de glicose e a taxa de crescimento e tratando-as ou não com ionóforo. Ficou evidenciado nesses estudos que, para uma taxa de crescimento de 0,1 h⁻¹, a eficiência energética foi otimizada em 4,2 µmol de glicose mg⁻¹ proteína h⁻¹. Mantendo a taxa de crescimento em 0,0 h⁻¹ e o consumo de glicose em 6,72 µmol h⁻¹ ou elevando-a para 0,2 h⁻¹ e com um consumo máximo de glicose, as perdas desta, em “energy spilling”, foi superior a 18%, e as necessidades de glicose para suprir os ciclos fúteis de íons na membrana plasmática da bactéria, pelo uso de ionóforo, foram maiores.

A variação da [EL_{m+p}] dos volumosos, no intervalo de confiança de β₁, do estimador do NRC (2001) é 1,43 Mcal kg⁻¹ de matéria seca. Quando comparada essa variação com a média da [EL_{m+p}], que foi de 1,05 Mcal kg⁻¹ de matéria seca dos volumosos de todas as classes de rações, esta se torna alta. Os estimadores, relatados na Tabela 2, foram obtidos a partir de análises bromatológicas e ensaios de digestão. Pelo exposto, a dinâmica ruminal é governada pela microbiota, pelo fluxo de líquido, pelas partículas e pelos movimentos ruminais, em que o alimento, com suas propriedades químicas e físicas, pode alterar toda essa dinâmica e, por conseguinte, modificar o

potencial de digestibilidade dos seus constituintes. Entre eles, de acordo com relato de Van soest (1994), a proteína bruta, o CNF e a lignina apresentam digestibilidade uniforme nas diferentes classes de alimentos. Portanto, fica em aberto a necessidade de aumentar a produção de valores de $[EL_{m+p}]$ de volumosos, para os sistemas de criação e alimentação de bovinos de leite no Brasil, com menos ênfase nos métodos de calorimetrias direta e indireta, por serem dispendiosos e menos versáteis em relação às diferentes condições de manejo daqueles animais.

Conclusões

A cana suplementada com concentrado formulado com fontes de proteína não-degradada no rúmen teve a sua concentração de energia líquida (manutenção e produção) aumentada em 57%, devido ao menor consumo da ração e a um maior escape da fração B_2 da proteína, proporcionando melhor retenção no leite de produtos oriundos da degradação, sobretudo do carboidrato.

A energia líquida do leite e a eficiência energética bruta de utilização da energia metabolizável aparente das rações, em leite, não sofreu alteração pela mudança de volumoso e nem pela substituição da fonte de proteína de alta para baixa degradabilidade ruminal.

As estimativas das concentrações de energia líquida (manutenção e produção) das silagens de milho, capim-elefante e cana, com base em estimadores, são de baixa acurácia, em razão da diversidade de fatores relacionados com o alimento e o animal, na sua rotina de produção. Os estimadores contemplam, apenas, os aspectos relacionados ao alimento, enfatizando os componentes bromatológicos.

Referências Bibliográficas

BLAXTER, K.L. **The energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson, 1969. 332 p.

BOEVER, J.L.; COTTYN, B.G.; BRABANDER, D.L. et al. Equations to predict digestibility and energy value of grass silages, maize silages, grass hays, compound feeds and raw materials for cattle. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Series B, v. 69, n. 11, p. 835 - 850, 1999.

BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. Baltimore: Maryland, 1945. 1023 p.

CHANDLER, P.T. Energy prediction of feeds by forage testing explored. **Feedstuffs, Minneapolis**, v. 62, n. 7, p. 12, 1990.

DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; DAVIES, D.R. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 12, p. 3370-3384, 1998.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; VAN AMBURGH, M.E. et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. New York: Cornell University, 2000. 237 p. (*Model documentation*, CNCPS version 4.0).

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Mississippi: Guanabara Koogan, 1996. 1014 p.

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

LOFGREEN, G.P.; GARRETT, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 27, n. 3, p. 793-806, 1968.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, n. 8, p. 1548-1558, 1987.

MOE, P.W.; FLATT, W.P.; TYRRELL, H.F. Net energy value of feeds for lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 55, n. 7, p. 945-958, 1972.

MOE, P.W.; TYRRELL, H.F. Methane production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 62, n. 10, p. 1583-1586, 1979.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th Revised Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.

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

NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, 1993. p. 123-143.

OLIVEIRA, J. Energia líquida para lactação do capim-elefante verde picado. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: JARD, 1995. p. 347.

REIS, C.S. **Utilização do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mineiro), submetido à adubação química e orgânica, na alimentação de vacas leiteiras**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

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

RUSSEL, J.B.; STROBEL, H.J. Microbial energetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, 1993. p. 165-215.

SAAMA, P.M.; MAO, I.L.; HOLTER, J.B. Energy intake and gross efficiency comparisons from calorimetric and field data on the same lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 9, p. 1945-1953, 1995.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Windows, release 6.12**. Cary, NC, USA, 1996. (CD-ROM).

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production "in vitro". **British Journal of Nutrition**, v. 32, n. 2, p. 199-209, 1974.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** – Métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 165 p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

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

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, N.R.St. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, v. 39, p. 95-110, 1992.

**Níveis de Metabólitos em Vacas Recebendo Volumosos
Suplementados com Concentrados Contendo Fontes Protéicas de
Diferentes Degradabilidades no Rúmen**

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi avaliar a otimização dos metabolismos de carboidrato e proteína para produção de leite, como também a efetividade do Sistema Cornell (CNCPS 4.0) em prever o desempenho de vacas arraçoadas com cinco modalidades de ração. Foram arraçoadas 10 vacas com silagem de milho misturada ao concentrado convencional (SMC) e silagem de capim-elefante (SCE) e cana misturadas aos concentrados preparados com fontes protéicas de alta (PDR) e baixa (PNDR) degradabilidades ruminais. Esses tratamentos foram dispostos em delineamento quadrado latino 5 x 5 e repetidos no tempo. Os dados, relativos ao clima, ao estado fisiológico dos animais, à produção e composição química do leite e aos ingredientes das rações (consumos e composições químico-bromatológicas), foram utilizados na execução das simulações no CNCPS 4.0. Foram determinados os teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) ruminal e de N-uréia no sangue, na urina e no leite; e os de glicose e creatinina no sangue. Os dados relativos aos teores ruminais de N-NH₃ foram analisados pelo método de série temporal de Hooper et al. (1978). Os teores de N-uréia, glicose e creatinina foram submetidos à análise de variância, enquanto as médias, relativas aos contrastes ortogonais SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR, cana/CPDR x cana/CPNDR, foram analisadas no nível de probabilidade de 0,05, pelo teste F. A validação do CNCPS 4.0 foi feita por meio de regressão linear dos valores observados x preditos, de consumo de matéria seca, de indigeríveis da ração e volumoso, de nutrientes digeríveis totais aparentes (NDT_{apar}), de produção e de teor de N-uréia no leite. Os parâmetros estimados da regressão foram testados com relação às hipóteses $H_0^{(a)} : \beta_0 = 0$ e $H_0^{(b)} : \beta_1 = 1$ a 5% de probabilidade, pelo teste t. Determinaram-se também os limites de β_0 e β_1 , e analisou-se o comportamento da regressão em relação à reta Y=X, considerando a dispersão dos valores observados. A ração à base de SCE teve, aproximadamente, o dobro da concentração média de N-NH₃ ruminal, em relação às outras rações, assim como “picos” e “vales” de perfil nictemeral de N-NH₃ superiores. As rações à base de silagem de milho e cana apresentaram 10% de proteína

bruta, na base da matéria seca. Entretanto, as rações à base de cana exibiram “vales” abaixo de 5 mg dL^{-1} de fluido ruminal, possibilitando reutilizar mais de 90% do N-NH_3 produzido para o crescimento microbiano. Nas rações à base de SCE e cana, o CPNDR x CPDR fez surgir maiores “picos” de N-NH_3 ruminal, indicando com isso que, nas rações com CPDR, houve maior produção de íon amônio, levando a uma menor transferência de N-uréia do sangue para o rúmen. Quando se analisaram os teores sangüíneos de N-uréia, glicose e creatinina em todos os contrastes estudados, não houve alteração em seus valores em função dos volumosos e das diferentes fontes protéicas, assim como do teor de N-uréia na urina. Já as excreções de N-uréia no leite foram, nos contrastes SMC x DEMAIS, 64,89% menores; SCE x cana, três vezes superiores; e SCE/CPDR x CPNDR, 31,40% a mais. No contraste cana/CPDR x CPNDR, essa excreção se manteve estável no leite. O Sistema Cornell (CNCPS 4.0) não demonstrou precisão na predição da produção de leite. No entanto, apresentou maior acurácia nas predições das variáveis indigeríveis da ração (proteína, carboidrato, gordura e cinzas), fibra em detergente neutro indigerível do volumoso, N-uréia do leite, consumo de matéria seca e NDT aparente, respectivamente.

Palavras-chave: metabólitos, vaca leiteira, volumoso, PNDR, nictemeral e CNCPS.

Metabolite Levels in Cows Receiving Forages Supplemented with Concentrates Containing Protein Sources of Different Ruminal Degradabilities

ABSTRACT – The objectives of this work were to evaluate the optimization of the metabolisms of both carbohydrate and protein for milk production as well as System Cornell's effectiveness (CNCPS 4.0) in predicting the performance of cows fed with five different ration modalities. Ten cows were fed with the following mixtures: corn silage and conventional concentrate (CSC), silage of elephant grass (SGE) and cane mixed with the prepared concentrates with sources degraded (CDPR) and undegraded (CUPR) protein in the rumen. The treatments were disposed in a design in Latin square 5 x 5 repeated in the time. The data from the weather, animal physiologic state, production and chemical composition of the milk and the ingredients of the rations (intakes and compositions chemistry) were used in the execution of the simulations in CNCPS 4.0. The contents from the ruminal N-ammonium (N-NH_3), from the N-urea of the blood, urine and milk, and from the glucose and creatinine of the blood were determined. The data that refer to the N-NH_3 content in the rumen were analyzed through the method of temporary series of Hooper et al. (1978). The contents from the N-urea, glucose and creatinine were submitted to variance analyses and the means referred to the orthogonal contrasts CSC x THE OTHERS, EGS x cane, EGS/CDPR x EGS/CUPR, cane/CDPR x cane/CUPR were analyzed at the level of the probability of 0,05 by the test F. The CNCPS 4.0 validation was made through linear regression from the observed values of the dry matter intake, indigestible part of the ration and forage, apparent total digestible nutrients ($_{\text{apar}}\text{TDN}$), production and content of N-urea of the milk, in relation to these same values predicted by CNCPS. The estimated parameters of the regression were tested by the hypotheses $H_0^{(a)} : \beta_0 = 0$ e $H_0^{(b)} : \beta_1 = 1$ to 5% of probability by the test t. The limits β_0 and β_1 were also determined and the behavior of the regression was analyzed in relation to the straight line $Y=X$, taking into account the dispersion of the observed values. The EGS based ration had approximately the double of the average concentration of ruminal N-NH_3 in relation to the other rations as well as showing superiority in its “ups” and “downs” of nicyterohemeral of N-NH_3 profile.

Corn silage and cane based rations presented 10% of crude protein in the basis of dry matter. However, cane based rations presented “downs” below 5 mg dL⁻¹ of ruminal fluid, which was possible to reuse more than 90% of N-NH₃ produced for the microbial growth. In the EGS and cane based rations the CUPR x CDPR made appear higher “ups” of ruminal N-NH₃ indicating that in the rations with CDPR there was a larger ion ammonium production causing a smaller transferability of N-urea of the blood for the rumen. The contents of the blood from the N-urea, glucose and creatinine didn't alter in the presence of the forages and the different sources of the protein as well as the content of N-urea in the urine when they were analyzed for all the studied contrasts. The excretions of N-urea in the milk had different values: to the contrasts CSC x THE OTHERS less 64,89%, EGS x cane 3 times superior, and EGS/CDPR x CUPR 31,40% higher. In the contrast cane/CDPR x CUPR, this excretion stayed stable in the milk. The System Cornell (CNCPS 4.0) wasn't precise in the prediction of the milk production. However, it was more precise in the predictions of the variables: indigestible of the ration (protein, carbohydrate, fat and ashes), indigestible neutral detergent fiber of the forage, N-urea of the milk, dry matter intake and apparent TDN, respectively.

Key Words: metabolites, dairy cow, forage, UPR, nicyterohemeral and CNCPS.

Introdução

A falta de balanceamento da ração, principalmente em carboidratos e proteína, pode alterar parâmetros fisiológicos no organismo animal, desencadeando distúrbios de natureza metabólica. O excesso de carboidratos não-fibrosos (CNF) causa desde acidose branda a uma laminite (Nocek, 1997), como também acúmulo excessivo de gordura no corpo do animal. O NRC (2001) quantifica as reservas energéticas acumuladas em tecido corporal por meio de escores de 1 a 5 para vacas leiteiras e considera valores superiores ou iguais a 4 prejudiciais aos desempenhos produtivo e reprodutivo do animal.

Satter e Slyter (1974), estudando, “in vitro”, o efeito da concentração de N-NH_3 do fluido ruminal sobre a produção de proteína microbiana, verificaram que, a partir de 5 mg de N-NH_3 dL^{-1} de fluido ruminal, a produção microbiana se mantinha estável. Observaram também que o crescimento microbiano se iniciava com 4% de proteína bruta (PB), na matéria seca da ração, e estabilizava-se em nível de 14%.

Roffler e Satter (1975) compilaram dados de rações, sem fontes de nitrogênio não-protéico, com seus teores de PB e NDT e as respectivas concentrações N-NH_3 no fluido ruminal de vacas leiteiras. A partir desses dados, desenvolveram um modelo empírico, que prediz a concentração de N-NH_3 ruminal em função daquelas variáveis. Eles observaram que, para manter os 5 mg de N-NH_3 dL^{-1} de fluido ruminal, as rações podiam ter de 8 a 13% de PB combinada com teores de NDT entre 55 e 85%. Esses mesmos autores, analisando os requerimentos e utilizações do nitrogênio pela vaca leiteira, por meio do modelo empírico, verificaram que, com níveis de PB entre 8 e 11% e os de NDT variando entre 60 e 85%, mais de 90% do N-NH_3 ruminal produzido de proteínas naturais era incorporado à biomassa. Foi verificado que, no limite de 60% de NDT, a concentração de N-NH_3 pode situar-se em 5 mg dL^{-1} de fluido ruminal, entretanto, em 85% de NDT, a concentração de N-NH_3 cai para 2 mg dL^{-1} desse fluido. Em rações com teores de PB acima de 11%, na matéria seca a proteína metabolizável é a somatória de aproximadamente 75% da PB consumida no limite de 11% e, acima disso, 30%. Em alguns estudos, foi constatado que a relação proteína metabolizável:proteína bruta consumida da ração foi maior quando os teores de

N-NH₃ ruminal não excediam a 5 mg dL⁻¹ de fluido ruminal. Os referidos autores salientaram que, além da concentração energética da ração, outros fatores, como consumo de matéria seca, frequência de alimentação, tipo de carboidrato, extensão de degradação da proteína e pH ruminal, interferem na concentração do N-NH₃ ruminal. Quanto à reciclagem do nitrogênio da uréia, oriundo da proteína tecidual mobilizada, há evidências indicando que a vaca possui pouca habilidade para mobilizar proteína tecidual, em comparação com a mobilização de energia do tecido adiposo. Para essa categoria de animal, no início da lactação os teores de PB da ração podem situar-se entre 16 e 17%, para compensar a concentração de N-NH₃ ruminal, no limite de 5 mg dL⁻¹ de fluido ruminal, devido ao maior escape da proteína da ração.

O N-NH₃ produzido no rúmen e não incorporado pela microbiota ruminal, juntamente com N-NH₃ tecidual do metabolismo de aminoácidos, neutralizados e transportados como alanina e glutamina, é transformado no fígado, principalmente em uréia. As concentrações desta no sangue são mantidas em níveis fisiológicos por meio da reciclagem via saliva ou pela difusão passiva pela parede ruminal ou ceco e pela excreção pelo leite ou, preferencialmente, pela urina, que também é o meio de excreção do N-NH₃. A reciclagem de nitrogênio, segundo Russell et al. (1992), está diretamente relacionada com o teor de proteína bruta da ração. A produção de uréia pelo fígado parece interferir negativamente na produção de leite, por afetar a síntese de glicose, que é um importante composto precursor da galactose do leite (Clark e Davis, 1980).

O efeito “in vitro” do N-NH₃ sobre a síntese de glicose, a partir do propionato, em amostras de fígado de novilho incubadas em meio fisiológico com e sem cloreto de amônio reduziu a produção desse açúcar em 25 a 30% (Spire e Clark, 1976, citados por Clark e Davis, 1980).

A glicose circulante no sangue vem tanto do trato gastrointestinal quanto dos rins e do fígado. Neste é sintetizada, diuturnamente, 85 a 90% de toda glicose circulante, a partir do propionato, dos aminoácidos glicogênicos, do glicerol e do lactato, com a ressalva de que o propionato contribui com 30 a 76% de toda glicose que sai do fígado (Brockman, 1993; Reynolds, 1995). Portanto, a glicose é um componente estrutural do glicogênio, das proteínas e

dos lipídios e também componente bioquímico do sangue e leite, sendo a principal fonte de energia para sínteses de ATP e equivalentes redutores.

Normalmente, em nível tecidual ocorrem incorporação e mobilização de substâncias, notadamente proteína, gordura, glicogênio e fosfocreatina, numa taxa equilibrada. Em rações com suprimento abaixo das exigências nutricionais dos animais, principalmente em energia, e se houver doenças depalperantes, a taxa de mobilização de substâncias teciduais se eleva. No caso dos ruminantes que armazenam inexpressiva quantidade de glicogênio, a mobilização de substâncias para complementar as necessidades do organismo, principalmente nos estados homeorréticos, vem dos tecidos adiposos e musculares. As fibras musculares contêm de três a quatro vezes mais fosfocreatina que ATP, formando um sistema-tampão ATP-creatina (Guyton e Hall, 1996). No processo fisiológico de mobilização de tecidos, a creatinina, originária da creatina dos músculos, e não necessária ao organismo, é eliminada por via urinária, sem reabsorção. Trabalhos que indagam a importância de se conhecer a variação da concentração de creatinina sangüínea, como possível reflexo da mobilização tecidual devido à falta de suprimento nutricional da ração, são raros.

As quantificações das frações de proteína bruta e carboidrato dos alimentos, levando em conta os coeficientes biológicos de digestão e utilização dessas frações pela flora ruminal, visam minimizar as perdas e predizer o desempenho animal, através de sistemas de alimentação versáteis e integrados (Sniffen et al., 1992; Van soest, 1994). O Sistema Cornell de Fox et al. (2000), em avaliação há mais de 20 anos, foi criado para simular rações para bovinos. Nessas simulações, considera-se o sistema de produção, submetido aos efeitos das variáveis alimento, animal, clima e manejo. Esse sistema de simulação utiliza submodelos que analisam, por meio de conceitos mecanicistas e empíricos, a fermentação ruminal (Russel et al., 1992), a disponibilidade de carboidrato e proteína para o hospedeiro (Sniffen et al., 1992), o ajuste da ração com as exigências dos animais (Fox et al., 1992) e a disponibilidade em aminoácidos (O'Connor et al., 1993).

Dijkstra et al. (1998) avaliaram a produção microbiana do rúmen em sistemas de batelada e cultura contínua. Quando os dados observados foram avaliados com os preditos, por meio de estimadores empíricos e mecanicistas,

não se verificaram diferenças significativas. Esses autores relataram que as menores exatidões dos estimadores empíricos são devidas às menores versatilidades, propiciadas pelos esclarecimentos das pesquisas.

Os maiores desafios dos modelos estão em ser confiáveis. A falta de exatidões requer avaliações e readaptações nas estruturas dos estimadores empíricos e mecanicistas, propiciadas por novas descobertas no metabolismo do corpo animal. O CNCPS 4.0 tem sido avaliado em países de clima temperado com animais de alta produção, em regime de confinamento total, e poucos trabalhos foram desenvolvidos no Brasil para validá-lo. Avaliações de simulações variando os componentes bromatológicos dos volumosos têm mostrado coerências com as estimativas de proteína metabolizável e energia metabolizável e, por conseguinte, com o desempenho animal (Lagunes et al., 1999; Azevedo, 2002).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento nictemeral do nitrogênio amoniacal, os níveis de metabólitos e também a efetividade do CNCPS 4.0 em predizer o desempenho de vacas recebendo volumosos suplementados com mistura concentrada acrescida de fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais.

Material e métodos

O trabalho foi desenvolvido no Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí, cujas localização geográfica e características do clima foram apresentadas no 1^o trabalho. O estudo do desempenho produtivo das vacas foi realizado em delineamento quadrado latino 5 x 5 e repetido no tempo, com cinco diferentes rações à base de silagem de milho e concentrado convencional (SMC), silagem de capim-elefante com fubá de milho (SCE) e à base de cana, suplementadas com dois diferentes concentrados contendo fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais denominados: SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR.

A metodologia seguida na condução do experimento para obtenção dos dados de consumo de matéria seca da ração, cinética de degradação ruminal dos ingredientes e nutrientes da ração, nutrientes digeríveis totais aparentes (NDT_{apar}) e produção e composição química do leite, em cada fase de 21 dias, foi conforme mostrado no 1º trabalho desta tese.

Os dados relacionados ao padrão nictemeral do nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) ruminal e teores de N-uréia, glicose e creatinina no sangue e N-uréia na urina e no leite foram obtidos concomitantemente ao trabalho supracitado. Foram coletadas 13 amostras de 50 mL de fluido ruminal de cada vaca em cada tratamento, no final do experimento. As coletas de 26 em 26 horas começaram às 12 horas, correspondendo ao tempo zero de coleta, e foram feitas com sonda esofágica conectada a “Kitassato” (500 mL), o qual também foi conectado, por meio do tubo condutor de vácuo, a uma pressão de 50 Kpa. Imediatamente, as amostras eram coadas, em dupla camada de tecido de algodão, transferindo-se 50 mL para um frasco de polietileno contendo 1 mL de H_2SO_4 50% P/V, e armazenadas em “freezer” a $-10\ ^\circ C$, para posterior determinação do $N-NH_3$, conforme Silva e Queiroz (2002). De posse desses valores, foram determinados os perfis nictemerais do $N-NH_3$ ruminal num período de 24 horas, utilizando-se o procedimento NLIN do SAS® versão 6.12. As interpretações dos perfis foram efetuadas por meio de séries temporais para caracterizações das alterações dos teores de $N-NH_3$ ao longo do nictêmero, sendo empregado o seguinte modelo:

$$Y_i = A_0 + A_1 \times \text{sen}(CT_i) + A_2 \times \text{cos}(CT_i) + A_3 \times \text{sen}(2CT_i) + A_4 \times \text{cos}(2CT_i)$$

em que Y_i representa o teor de $N-NH_3$ ruminal, em $mg\ dL^{-1}$, no tempo t_i ; C , uma fração constante do período fundamental, que corresponde a π radianos h^{-1} ; T_i , o i -ésimo tempo de coleta; A_0 , a concentração média de $N-NH_3$, em $mg\ dL^{-1}$; e A_1 a A_4 são parâmetros de escala que conferem forma ao perfil. O valor de C , circadiano, foi fixado em 0,1309 radiano por hora, correspondendo a 1/24 de um período fundamental (Hopper et al., 1978).

No 21º dia de cada fase de ensaios experimentais foram coletadas amostras de sangue e urina três horas após a oferta das rações. As amostras de sangue foram colhidas da veia mamária de cada vaca, em quantidades de

6 mL, em frascos de vidro contendo 100 µL de fluoreto de sódio. Após a centrifugação, a 5.000 RPM por 15 minutos, analisaram-se a uréia e a glicose, utilizando os “kits” URÉIA ENZIMÁTICA-ANALISA® e GLICOSE ENZIMÁTICA-ANALISA®. De uma fração das amostras compostas do leite após desproteínadas, por meio de ácido tricloroacético 25%, na proporção de 5 mL para 10 mL de leite, e filtrado em papel-filtro, foram obtidos 6 mL de soro. Nas análises de uréia do soro do leite e urina, utilizou-se a metodologia similar à do plasma sanguíneo, exceto a diluição da amostra de urina, 1:50. Os resultados dessas análises representaram aquelas compostas de cada etapa experimental, já os das análises de uréia foram corrigidos para N-uréia, multiplicando-os por 0,47.

O banco de dados relacionados com o estado fisiológico e com a produção de leite das vacas enquadradas como sendo da raça holandesa consta nos Apêndices, e os relacionados com a produção e composições química e bromatológica do leite e os ingredientes da ração foram os descritos no 1º artigo deste estudo.

Os dados relativos ao clima constituíram as médias de abril a julho de 2001 (1º artigo), exceto a insolação considerada zero e a temperatura noturna de 15 °C, enquanto os relativos às rações, aos animais e ao clima foram utilizados para simular 50 predições de consumo de matéria seca da ração, quantidade de indigerível da ração (proteína, carboidrato, gordura e cinzas) e do volumoso (fração C de proteína e carboidrato), o NDT_{apar} e a produção e o teor de N-uréia do leite, segundo o programa CNCPS 4.0. Os valores observados na ração (consumo de matéria seca, NDT_{apar} e indigeríveis) e nos animais (N-NH₃ ruminal, N-uréia do sangue e do leite e produção de leite) foram comparados com os preditos pelo CNCPS 4.0, por meio de regressão linear (observados x preditos). A validação do CNCPS 4.0 foi baseada nas estimativas dos parâmetros das equações de regressão, testadas pelas hipóteses $H_0^{(a)} : \beta_0 = 0$ e $H_0^{(b)} : \beta_1 = 1$, no nível de probabilidade de 0,05, constituindo-se os intervalos de confiança para os valores paramétricos. Dessa forma, foi possível estudar o comportamento das regressões e dos valores observados dispersos, em relação à reta $Y=X$, para identificar se o CNCPS 4.0 superestimou ou subestimou os valores preditos, em relação aos observados.

Os dados relativos aos teores de N-uréia, glicose e creatinina no sangue e de N-uréia na urina foram interpretados por meio de análise de variância e as médias, analisadas por meio dos seguintes contrastes ortogonais: SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR e cana/CPDR x cana/CPNDR. Todos os dados foram avaliados no nível de probabilidade de 0,05, pelo teste F. Em todas as análises estatísticas, utilizou-se o programa SAS[®] versão 6.12.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 podem ser vistos os estimadores da concentração de N-NH₃ ruminal (mg dL⁻¹) ao longo de um período de 24 horas. As concentrações médias de N-NH₃ nas rações à base de SCE foram 127% superiores às de cana e 82% às de silagem de milho. As substituições do CPDR por CPNDR causaram relativas elevações nos teores de N-NH₃ do fluido ruminal, sendo 6% nas rações à base de SCE e 7% nas de cana. As relações proteína metabolizável:proteína bruta consumida foram 0,95; 0,59; 0,77; 1,07; e 1,28 nas respectivas rações SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. Esses valores foram obtidos, levando-se em consideração: a produção de biomassa seca ruminal, na base de 14 g mol⁻¹ de ATP (Nolan, 1993; Leng e Nolan, 1984), o escape de proteína microbiana (Sniffen et al., 1992), o escape de proteína alimentar potencialmente digerível no intestino delgado e o consumo de proteína bruta da ração (1^o trabalho).

Todas as rações estudadas apresentaram teores de NDT aparente acima de 60% (1^o artigo), e apenas as rações à base de silagem de milho e cana tiveram teores de proteína bruta, na base da matéria seca, menores que 11%. Nas rações à base de cana, o teor médio de N-NH₃ ficou próximo de 5 mg dL⁻¹ de fluido ruminal, corroborando as informações obtidas por Satter e Slyter (1974), ressaltando-se que acima desse limite não é possível reutilizar 90% do N-NH₃ produzido, em biomassa ruminal (Satter e Roffler, 1975). Dessa forma, as demais rações, em relação aquelas com cana, permitiram maiores perdas de N-NH₃ do rúmen, sobretudo nas com SCE, que tiveram as menores relações proteína metabolizável:proteína bruta consumida.

Tabela 1 – Equações de predições dos teores de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal (mg dL^{-1}), obtidas a partir de modelos de séries temporais para cada tratamento

Tratamentos	Regressões	R^2
SMC	$T_1 = 6,400 - 0,351 \text{ sen } (CT_i) - 2,376 \text{ cos } (CT_i) + 3,204 \text{ sen } (2CT_i) + 1,178 \text{ cos } (2CT_i)$	0,06
SCE/CPDR	$T_2 = 11,281 + 0,130 \text{ sen } (CT_i) - 3,825 \text{ cos } (CT_i) + 1,400 \text{ sen } (2CT_i) + 3,106 \text{ cos } (2CT_i)$	0,06
SCE/CPNDR	$T_3 = 12,000 - 0,272 \text{ sen } (CT_i) - 5,184 \text{ cos } (CT_i) + 2,999 \text{ sen } (2CT_i) + 2,172 \text{ cos } (2CT_i)$	0,05
Cana/CPDR	$T_4 = 4,965 - 0,057 \text{ sen } (CT_i) + 0,100 \text{ cos } (CT_i) + 1,682 \text{ sen } (2CT_i) + 1,248 \text{ cos } (2CT_i)$	0,07
Cana/CPNDR	$T_5 = 5,296 - 0,726 \text{ sen } (CT_i) - 1,377 \text{ cos } (CT_i) + 2,174 \text{ sen } (2CT_i) + 1,377 \text{ cos } (2CT_i)$	0,13

É apresentado, na Figura 1, o comportamento nictemeral das concentrações de N-NH_3 por tratamento, num período efetivo de 24 horas. As projeções dos estimadores para 48 horas permitiram identificar a precisão dos parâmetros em restabelecer o comportamento inicial das regressões. Analisando o comportamento das regressões, na Figura 1 evidencia-se, pelos “vales”, que em nenhum momento as concentrações de N-NH_3 estiveram abaixo de 5 mg dL^{-1} de fluido ruminal (Satter e Roffler, 1975), nas rações à base de SCE. Nas rações à base de silagem de milho e, principalmente, na de cana, de acordo com Satter e Roffler (1975), pode-se observar que entre os tempos de 12 a 18 horas houve a reutilização de mais de 90% do N-NH_3 produzido, em nível ruminal. Percebe-se, na Figura 1, que o padrão nictemeral do N-NH_3 nas rações à base de cana com CPDR teve um comportamento bem simétrico de “picos” e “vales”, em relação às de cana com CPNDR. Isso indica, em nível ruminal, que nesta última ração a taxa de transferência de N-uréia foi maior do que a saída de N-NH_3 , devido à baixa disponibilidade de proteína degradável (1º artigo). Também, na ração à base de SCE, o CPNDR, em relação ao CPDR, fez surgir “picos” maiores de N-NH_3 , reforçando a observação feita para cana/CPNDR. Ainda sobre esse aspecto, principalmente nas rações cana/PDR x CPNDR, devido aos maiores consumos de FDN e fração A de carboidrato e teores de PDR acima de 40 g kg^{-1} de matéria seca da ração (1º artigo), esses picos são indicativos de menores concentrações de amônia em relação ao íon amônio. Este, por ter menor taxa de difusão através da parede ruminal, pode alterar as reciclagens endógenas de N-uréia naquelas rações, sendo, na cana/CPDR, menor via parede ruminal e maior via saliva.

Pelo visto, a parede ruminal representa a principal via de reciclagem de N-uréia e difusão de N-NH_3 , enquanto pela saliva a reciclagem de N-uréia é dependente da sua produção e, ainda, pode escapar do rúmen por difusão, na forma de N-NH_3 .

Van soest (1994) relatou que a reciclagem endógena de N-uréia via parede ruminal pode ser a mais importante, principalmente em níveis baixos de consumo de nitrogênio.

A ração cana/CPNDR apresentou teor de PDR no limite de 40 g kg^{-1} de matéria seca e, no entanto, disponibilizou N-NH_3 para o ótimo crescimento microbiano ruminal. Esse limite, em estudos “in vitro”, de acordo com Satter e

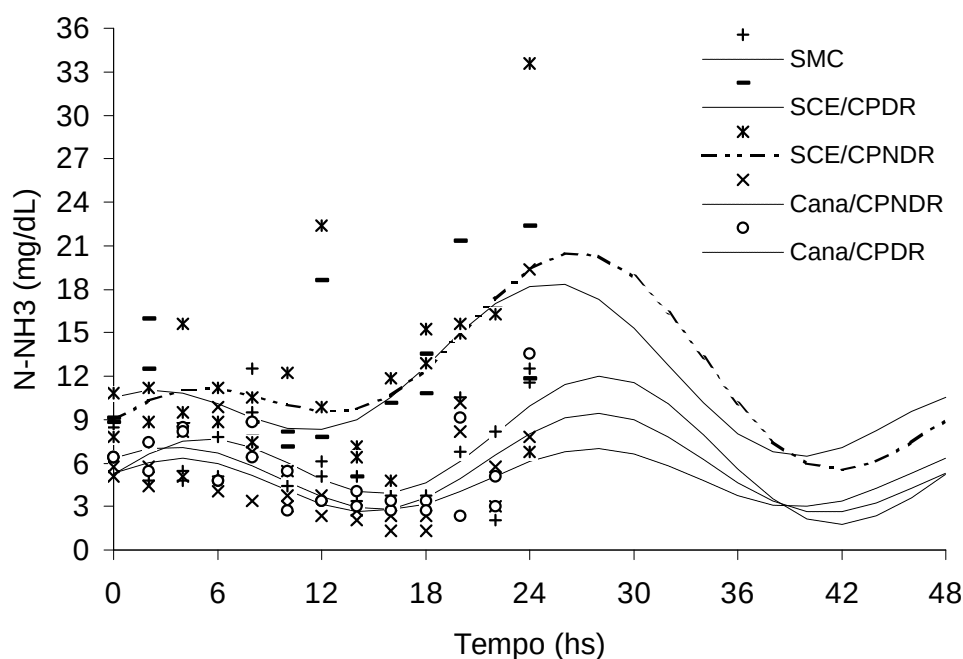


Figura 1 – Padrão nictemeral do nitrogênio amoniacal ruminal em vacas recebendo silagens de milho, capim-elefante e cana suplementadas com concentrados contendo fontes protéicas de diferentes degradabilidades no rúmen.

Slyter (1974), não provê concentração de N-NH_3 ruminal para o ótimo crescimento microbiano, devido à não-existência da reciclagem interna de N-uréia.

As rações à base de SCE em relação às de cana poderiam ter seus teores de PB reduzidos em 14%, notadamente os de PDR e nitrogênio não-protéico, e, por conseguinte, reduzir a média do N-NH_3 ruminal (Tabela 1) sem alterar a produção de leite.

Na Tabela 2 pode ser observado que os teores de metabólitos no sangue e na urina não foram alterados pelos volumosos e nem pelas substituições dos concentrados, com e sem fontes de PNDR. Os valores de $P < 0,05$, em alguns contrastes das variáveis N-uréia e creatinina, exceto glicose no sangue e N-uréia na urina, são aparentes, visto que na decomposição das variáveis independentes, especificamente no tratamento, apresentaram $P > 0,05$, pelo teste F. Por isso, os valores médios, em mg dL^{-1} , de N-uréia, glicose e creatinina no sangue e N-uréia na urina foram, respectivamente, para os contrastes SMC x DEMAIS: 5,44; 43,00; 1,11; e 250,40; SCE x cana: 7,88;

Tabela 2 – Teores médios de metabólitos no plasma sangüíneo, na urina e no leite de vacas recebendo rações com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais

Metabólitos	Tratamentos					DP ¹	Contrastes ² e Valores <i>P</i>			
	SMC	SCE		Cana			1	2	3	4
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR					
Plasma sangüíneo (mg dL ⁻¹)										
N-uréia ³	3,00	12,70	10,70	4,70	3,40	0,681	0,3291	0,0208	0,5216	0,2792
Glicose	42,40	43,80	43,30	43,30	44,00	3,007	0,2531	0,8924	0,7243	0,5973
Creatinina	1,16	1,09	1,04	1,04	1,03	0,139	0,0349	0,4938	0,4563	0,8985
Urina (mg dL ⁻¹)										
N-uréia ³	67,80	514,10	539,70	431,50	246,60	0,643	0,0056	0,4780	0,5127	0,8526
Leite (mg dL ⁻¹)										
N-uréia	2,30	11,30	8,60	3,70	2,60	2,250	0,0001	0,0001	0,0131	0,2750

¹ Devio-padrão.

² 1 = SMC x DEMAIS, 2 = SCE x cana, 3 = SCE/CPDR x SCE/CPNDR e 4 = cana/CPDR x cana/CPNDR.

³ Estas variáveis foram transformadas para atender ao critério homoscedasticidade segundo a expressão $\cos x + 2$.

43,60; 1,06; e 432,98; SCE/CPDR x CPNDR: 11,70; 43,55; 1,07; e 526,90; e cana/CPDR x CPNDR: 4,10; 43,65; 1,04 e 339,05. Já as excreções de N-uréia no leite foram para os contrastes SMC x DEMAIS 64,89% a menos, SCE x cana três vezes a mais e SCE/CPDR x CPNDR 31,40% a mais. No contraste cana/CPDR x CPNDR, essa excreção se manteve estável em $3,15 \text{ mg dL}^{-1}$ de leite.

Kirchgessner e Kreuzer (1986) estudaram a excreção de N-uréia no leite de vacas recebendo rações isocalóricas com excesso ou deficiência de proteína bruta. Verificaram que a excreção de N-uréia no leite das vacas que receberam rações balanceadas foi de $8,4 \text{ mg dL}^{-1}$ e diferente das que consumiram rações com excesso e deficiência de proteína bruta.

Utilizando-se o estimador, proposto por Kirchgessner e Kreuzer (1986), de N-uréia = $[(-38,889 + 3,473\% \text{ de proteína bruta da ração} + 0,067 \text{ g de N-leite}) \times 0,47]$ e os dados de produção e composição química do leite citados no 1º trabalho, as estimativas de N-uréia foram de 10,84; 16,05; 18,47; 11,40; e $9,95 \text{ mg dL}^{-1}$ de leite para as respectivas rações SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. De acordo com a Tabela 2, os valores estimados estão altos, além do que a substituição do CPDR por CPNDR, na ração à base de SCE, reduziu os teores de N-uréia no leite e, na ração à base de cana, essa redução não foi significativa, devido à oscilação da média dos dados numa amplitude de 76%. Contudo, as fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal devem ser consideradas nas estimativas de N-uréia do leite.

A correlação linear dos valores de N-uréia encontrada na urina e no leite foi de 0,55 ($P < 0,0001$). Tal observação reafirma a estreita relação do N-uréia do leite com o consumo dos nutrientes da ração. Isso permite a utilização desse parâmetro como uma ferramenta decisiva para fazer ajustes no balanceamento de rações, com vistas à otimização do desempenho animal. Nesse sentido, Kirchgessner e Kreuzer (1986), na Alemanha, relataram esforços de se adotar, no serviço de extensão, o critério de avaliação do suprimento incorreto de proteína pelo teor de N-uréia do leite.

Fox et al. (1992) consideram que o custo energético da excreção de N-uréia pelo organismo da vaca é de $0,073 \text{ Mcal dia}^{-1} \text{ g}^{-1}$ de nitrogênio. Esse custo foi estimado considerando-se o nitrogênio não retido em biomassa e o da diferença de proteína metabolizável disponível pela que foi retida em ganho. O

N-uréia para ser excretado do sangue, conforme Tabela 2, teve maior custo nas rações à base de SCE, sobretudo naquelas com fontes de PDR. Tal custo, para o nível de 11,3 mg de N-uréia dL⁻¹ de leite, ajudou a contribuir para a queda na produção do leite com aquela ração, em relação à com CPNDR (1º trabalho). Essa observação indica, para rações com até 77 g de PDR kg⁻¹ de matéria seca, um melhor desempenho das funções hepáticas na síntese de glicose e maior disponibilidade de energia para produção de leite. A contribuição da fração de N-uréia endógena nos valores médios de N-uréia do leite (Tabela 2) parece ser insignificante. Apesar de se ter observado aparente mobilização de reservas corporais nas rações à base de silagem de milho e cana (1º artigo), estas não contribuíram para alterar o teor de creatinina sangüíneo (Tabela 2), até mesmo porque os suprimentos de NDT_{apar} das rações foram iguais (1º artigo).

Consta da Tabela 3 e da Figura 2 uma análise efetuada através do CNCPS 4.0, no que se refere ao aspecto de confiabilidade e acurácia para predizer algumas variáveis deste trabalho envolvidas no processo de produção de leite. Na Tabela 3, os parâmetros “ β ” e seus limites foram estimados utilizando-se um modelo completo $\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$.

Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros relativos às regressões dos valores das variáveis observadas sobre os valores preditos pelo CNCPS 4.0, considerando-se o modelo completo ($\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X$)

Variáveis	Modelos Completos					
	β_0	Limite β_0		β_1	Limite β_1	
		Inf	Sup		Inf	Sup
(A) CMS (g kg ⁻¹ PV dia ⁻¹)	-8,42	-19,89	3,05	1,26	0,83	1,70
(B) Indigerível ração (g kg ⁻¹ PV dia ⁻¹)	-0,10	-1,67	1,48	1,00	0,84	1,15
(C) Indigerível volumoso (g kg ⁻¹ PV dia ⁻¹)	0,01	-0,07	0,08	0,98	0,96	1,00
(D) NDT _{apar} (g kg ⁻¹ de matéria seca)	285,03	-144,18	714,23	0,54	-0,14	1,22
(E) Produção de leite (kg dia ⁻¹)	7,98	3,10	12,86	0,55	0,17	0,94
(F) N-uréico do leite (mg dL ⁻¹)	-6,26	-9,35	-3,18	1,24	0,93	1,54

CMS = consumo de matéria seca, Inf = inferior, Sup = superior e PV = peso vivo.

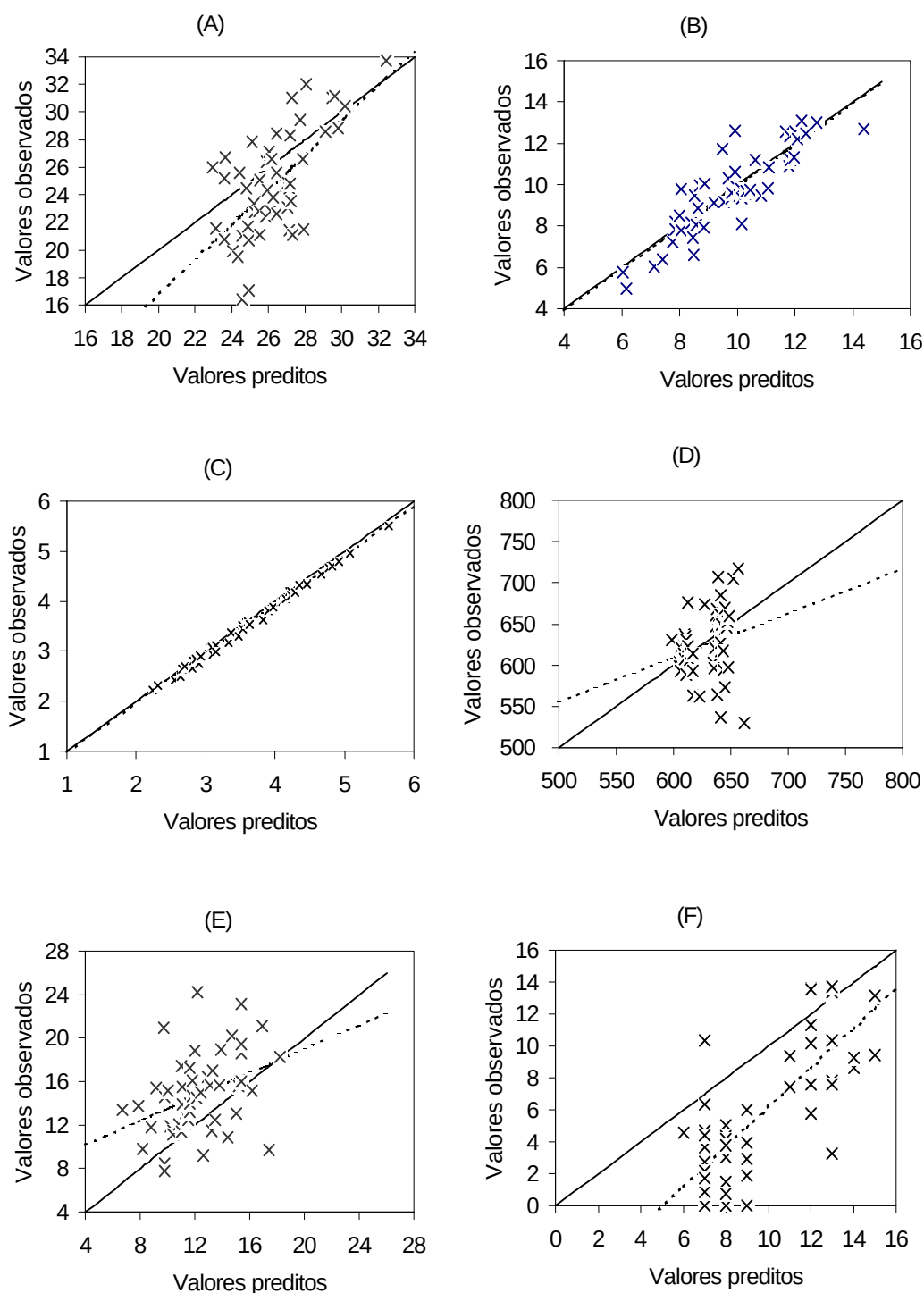


Figura 2 – Relação entre os valores observados e os preditos pelo CNCPS 4.0 de consumo de matéria seca (A), de indigerível da ração (B) e do volumoso (C) em $g\ kg^{-1}$ de peso vivo dia^{-1} , do NDT_{apar} (D) em $g\ kg^{-1}$ de matéria seca, da produção de leite (E) em $kg\ dia^{-1}$ e da concentração de N-uréia no leite (F) em $mg\ dL^{-1}$. As linhas contínuas representam a reta $Y=X$ e as pontilhadas, o comportamento da regressão.

A confiabilidade dos modelos de predições pode ser avaliada pelas inclusões, nos intervalos de confiança, dos valores zero para β_0 e 1 para β_1 , sendo as acurácias relacionadas aos menores intervalos de confiança, principalmente dos β_1 's. O modelo de regressão da variável produção de leite não é confiável na estimação dos valores observados, a partir dos preditos pelo CNCPS 4.0. Os demais modelos de regressão, por incluírem $\beta_0 = 0$ e, principalmente, $\beta_1 = 1$, apresentam confiabilidade, em que, em ordem crescente de acurácia, seria: (C) > (B) > (F) > (A) > (D). Pelas Figuras 2 (B) e 2 (C), notam-se menores dispersões dos valores observados, em torno da reta $Y=X$, assim como aparentes sobreposições das regressões sobre essa reta. É explicitada, nas Figuras 2 (A) e 2 (D), uma subestimação do consumo de matéria seca, que ficou abaixo de $32,38 \text{ g kg}^{-1}$ de peso vivo dia^{-1} , e do NDT_{apar} , com uma superestimação acima de $619,63 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria seca. Na Figura 2 (F), os valores observados de N-uréia do leite, no intervalo estudado, estão subestimados, além do fato de se notar que tais valores estão dispersos abaixo da reta $Y=X$.

Em rações com altos teores de forragens, como as utilizadas neste trabalho, as K_p de sólidos, especificamente as de volumosos, são fatores que mais se relacionam com os consumos de matéria seca. As k_p estimadas do CNCPS 4.0 e as observadas em silagens de milho, capim-elefante e cana foram, respectivamente, de $3,63 \pm 0,45$ e $2,25$; $3,94 \pm 0,30$ e $2,15$; e $3,78 \pm 0,29$ e $1,90\% \text{ h}^{-1}$. Já aquelas referentes aos concentrados, obtidas através do CNCPS 4.0, foram em média $5,06 \pm 0,56\% \text{ h}^{-1}$, contra $6,66\% \text{ h}^{-1}$ das observadas. Tais diferenças, destacadas principalmente na cana, indicam necessidades de inclusões, no estimador da K_p para forragens do CNCPS 4.0, de fatores de ajustamento que levam em consideração o grau de processamento, a relação folha:caule e o processo de ensilagem. O correto seria ter uma opção, no programa, para entrada de estimativas da K_p , obtidas nas condições dos diversos sistemas de produção, visto que a obtenção desses valores é relativamente fácil.

Os baixos crescimentos microbianos sugeridos para as rações à base de cana estão relacionados, principalmente, aos maiores consumos das frações A de carboidratos e as resistências das frações B_2 , às degradações ruminal e

cecal (1^o trabalho). Dessa forma, para diferentes volumosos, uma vez que o animal tenha atingido seu enchimento ruminal, a renovação está na dependência da liberação de espaço, através da saída de partículas, que atingem tamanhos inferiores ou iguais a 1,18 mm (Poppi et al., 1981).

A taxa de passagem de líquido, estimada pelo CNCPS 4.0, é de 4,42% h⁻¹ contra 9,84% h⁻¹ observada. O fluxo, por unidade de tempo, de massa microbiana saindo do rúmen depende das suas concentrações nas fases sólida (partículas < 1,18 mm) e líquida. Leng e Nolan (1984) estimaram que 25% da biomassa microbiana se encontra nesta última fase. Essa diferença a favor da taxa de passagem de líquido verificada em mais de 100% rende benefícios relativos, ao mesmo tempo que reduzem os gastos de manutenções das bactérias que fermentam CNF e fibroso, respectivamente, em 0,15 e 0,05 g de carboidrato g⁻¹ bactéria h⁻¹ (Russel et al., 1992), e na reciclagem interna daquelas primeiras bactérias (Leng e Nolan, 1984) pode não haver otimização das degradações de carboidrato e proteína, sobretudo das frações B₂. Os maiores escapes da fração B₁ de carboidrato poderiam ser incompatíveis com a digestão química, no intestino delgado (Nocek e Tamminga, 1991), enquanto a B₂, sem muitos benefícios para o hospedeiro, pode ser fermentada no ceco. Já a fração B₂ de proteína rende maiores benefícios, principalmente, quando essa fração é rica em aminoácidos limitantes.

Pelo exposto, o CNCPS 4.0 estima maiores demandas de nutrientes para manutenções de bactérias ruminais e maiores taxas de reciclagens internas de biomassa bacteriana. As ofertas de CNF foram maiores nas rações à base de cana, em relação às de silagens de milho ou capim-elefante. Nestas últimas, os crescimentos de bactérias que fermentam carboidrato fibroso tiveram melhores oportunidades de sobressair, em relação às bactérias que fermentam CNF. Contrariamente, nas rações à base de cana, tais microrganismos ficaram mais vulneráveis à reciclagem interna e puderam, com isso, sobressair melhor, exigindo mais nutrientes para manutenção. Como o CNCPS 4.0 subestima a taxa de passagem de líquidos, nas rações à base de cana a eficiência de produção disponível de biomassa ruminal, representada pela biomassa que sai do rúmen em relação à biomassa produzida, pode ser menor. Nas rações com silagens

de milho e capim-elefante, essa eficiência não se alterou na mesma grandeza quando comparada com a das rações com cana.

Outro aspecto pertinente às maiores k_p dos volumosos, estimadas pelo CNCPS 4.0, em particular das silagens de milho e capim-elefante, está relacionado com a baixa taxa de digestão da maior fração de seus carboidratos (Fox et al., 2000) e com a acessibilidade bacteriana, dificultada pelo tecido esclerenquimatoso, às células do feixe vascular, onde se concentra a maior fração de proteína (Wilson, 1993; Pacciulo, 2000). Os benefícios nutricionais, advindos das degradações ruminais dessas frações, em maiores taxas de passagens, são menores, assim como o desempenho produtivo. A cana, como já foi relatado, é rica em carboidratos prontamente disponíveis, e os benefícios nutricionais de sua proteína e fração B_2 de carboidrato pouco contribuem para o desempenho produtivo do animal.

Em todas as classes de rações, a taxa de passagem de concentrado fornecida pelo CNCPS 4.0 é estimada em função do consumo de matéria seca e proporção de carboidrato fibroso da ração, como também do tamanho metabólico do animal. A fração de carboidrato fibroso do MDPS, utilizado para preparar o CPNDR, pouco influenciou a elevação da taxa de passagem do concentrado, devido à baixa proporção incluída naquele concentrado. Dessa forma, de acordo com o CNCPS 4.0, à medida que aumenta o consumo de ração, a taxa de passagem do concentrado também aumenta, igualando-se à observada e, depois, tornando-se superior. Isso se reflete nos comportamentos opostos, em relação à reta $Y=X$, das regressões para consumo de matéria seca e NDT_{apar} na Figura 2 (A e D). Dos componentes do NDT_{apar} , a fração B_1 de carboidrato foi a que interferiu no comportamento da regressão do NDT_{apar} , na Figura 2 (D), em relação à reta $Y=X$, devido ao fato de ter apresentado 40% a menos de escape em comparação com a observada. Já os valores de degradações e escapes ruminais de proteína e carboidrato preditos e observados mantiveram-se próximos, mesmo com a menor média da k_p do concentrado, predita pelo CNCPS 4.0, em relação à verificada. A contribuição endógena fecal parece não ser relevante na modificação do comportamento da regressão (Figura 2 (D)). Se houvesse relevância e não existisse aquela interferência, a regressão seria paralela à reta $Y=X$.

A estimativa do excesso de nitrogênio (N) a ser excretado, de acordo com o CNCPS 4.0, é a seguinte: $(N \text{ de PDR} + N \text{ de reciclagem} - N \text{ de bactéria}) + (N \text{ de proteína metabolizável disponível} - N \text{ de proteína metabolizável exigida})$. Desse nitrogênio de excreção, uma fração vai para as fezes e a outra é catabolizada em uréia, no fígado, juntamente com o nitrogênio de mobilização de tecidos. O nitrogênio dos ácidos nucleicos é excretado na urina e no leite (Stangassinger et al., 1995). As frações de N-uréia são subdivididas em N-uréia de reciclagens, na urina e no leite. Estão explícitas, no CNCPS, as estimativas do nitrogênio fecal e urinária. Entretanto, é evidente, na Figura 2 (F), que os valores observados de N-uréia estão abaixo da reta $Y=X$, indicando subestimação dos valores verificados na metodologia utilizada para determinar as concentrações. Também, é evidente, o fato de a linha de regressão entremear-se a dispersão de valores, indicando uma acurácia nas predições fornecidas pelo programa CNCPS 4.0. No entanto, se na reciclagem de nitrogênio fossem considerados que os efeitos da PNDR causam reduções nas excreções de N-uréia, seria observado aumento na exatidão, no que se refere à predição do N-uréia do leite pelo CNCPS 4.0.

Na Figura 2 (E), observa-se que o CNCPS 4.0 disponibiliza menos proteína metabolizável e estima a energia metabolizável da ração a partir do NDT_{apar} , não considerando a interação das frações de carboidrato com as frações de proteína bruta sobre a eficiência microbiana, além de estimar a reciclagem de nitrogênio em função da proteína bruta. Tudo isso dificulta a predição do desempenho produtivo do animal, apesar de que as disponibilidades de metionina e lisina, de acordo com o CNCPS 4.0, nas classes de rações com fontes de PDR foram suficientes para produzir 16 kg de leite dia^{-1} . Além disso, a perda de peso diário estimada pelo CNCPS 4.0 para aquelas classes de rações foi de 90 g além da observada, sem variação no teor de creatinina sangüíneo.

A produção média de todas as classes de ração e de proteína microbiana verdadeira predita com NRC (1989), ARC (1980), AFRC (1993) e CNCPS 4.0 foi, respectivamente, de 775 ± 369 , 1.959 ± 281 , 1.112 ± 183 e 721 ± 134 g dia^{-1} . De fato, Dijkstra et al. (1998) observaram que os modelos empíricos e os mecanicistas não são eficientes em predizer a síntese ruminal de proteína microbiana em simuladores do ambiente ruminal. A eficiência

energética bruta de leite observada em todas as classes de ração foi de 31% (1^o trabalho), contra a de 25% estimada pelo CNCPS 4.0, o que implica menor produção de leite esperada, em função da mesma EM_{apar} .

Conclusões

Os níveis energéticos e protéicos das rações estudadas não tiveram influência sobre os teores sanguíneos de glicose e creatinina, indicando que as necessidades de glicose e proteína estão no nível dos requerimentos das vacas.

As perdas de proteína degradada foram minimizadas, em nível inferior ou igual a 5 mg dL^{-1} de nitrogênio amoniacal, no fluido ruminal.

Teores de PDR acima de 7,70%, na matéria seca de ração com $62,5 \pm 1,4\%$ de nutrientes digeríveis totais, reduziram a eficiência energética dessa ração, ao passo que teores de 4% disponibilizaram nitrogênio amoniacal em nível das necessidades microbianas, possibilitando otimizar a sua reutilização em proteína microbiana.

O teor de N-uréia do leite pode ser referencial para o ajuste das concentrações de proteína e PDR de rações, com níveis de proteína bruta variando de 10 a 12%.

O CNCPS 4.0 apresentou-se confiável na estimação do consumo de matéria seca, dos indigeríveis da ração e do volumoso, dos teores de NDT aparente da ração e do N-uréia do leite.

Referências Bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Cambridge: Cambridge University Press, CAB International, 1993. 159 p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL – ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351 p.

AZÊVEDO, J.A.G. **Avaliação nutricional de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) e simulação do desempenho de vacas leiteiras**. Viçosa, MG: UFV, DGV, 2002. 89 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BROCKMAN, R.P. Glucose and short-chain fatty acid metabolism. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, 1993. p. 249-265.

CLARK, J.H.; DAVIS, C.L. Some aspects of feeding high producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 6, p. 873-885, 1980.

DIJKSTRA, J.; FRANCE, J.; DAVIES, D.R. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 12, p. 3370-3384, 1998.

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: III. Cattle requirements and diet adequacy. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 3578-3596, 1992.

FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P.; VAN AMBURGH, M.E. et al. **The net carbohydrate and protein system for evaluating herd nutrition and nutrient excretion**. New York: Cornell University, 2000. 237 p. (Model documentation, CNCPS version 4.0.).

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Mississipi: Guanabara Koogan, 1996. 1014 p.

HOPPER, J.T.; HOLLOWAY, J.W.; BUTTS JR, W.T. Animal variation in chromium sesquioxide excretion patterns of grazing cows. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 4, p. 1096-1102, 1978.

KIRCHGESSNER, M.; KREUZER, M. Urea and allantoin in the milk of cows during and after feeding too much or too little protein. **Animal Research and Development**, v. 23, p. 45-55, 1986.

LAGUNES, F.I.J.; FOX, D.G.; BLAKE, R.W. et al. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical Mexico. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 10, p. 2136-2145, 1999.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th Revised Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th Revised Ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 157 p.

NOCEK, J.E. Bovine acidosis: implications on laminitis. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 5, p. 1005-1028, 1997.

NOCEK, J.E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds.). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Cambridge: University Press, 1993. p. 123-143.

O'CONNOR, J.D.; SNIFFEN, C.J.; FOX, D.G. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: IV. Predicting amino acid adequacy. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 5, p. 1298-1311, 1993.

PACIULLO, D.S.C. **Características anatômicas e nutricionais em lâminas foliares e colmos de gramíneas forrageiras em função do nível de inserção no perfilho, idade e da estação de crescimento**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2000. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

POPPI, D.P.; MINSON, D.J.; TERNOUTH, J.H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. III the retention time in the rumen of large feed particles. **Australian Journal Agricultural Research**, v. 32, p. 123-137, 1981.

REYNOLDS, C.K. Quantitative aspects of liver metabolism in ruminants. In: ENGELHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G.; GIESECKE, D. **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Stuttgart: ENKE, 1995. p. 351-371.

ROFFLER, R.E.; SATTER, L.D. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. II. Application of published evidence to the development of a theoretical model for predicting nonprotein nitrogen utilization. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 12, p. 1889-1898, 1975.

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

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Windows, release 6.12.** Cary, NC, USA, 1996. (CD-ROM).

SATTER, L. D; ROFFLER, R. E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 8, p. 1219-1237, 1975.

SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production "in vitro". **British Journal of Nutrition**, v. 32, n. 2, p. 199-209, 1974.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** – Métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2002. 165 p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

STANGASSINGER, M.; CHEN, X.B.; LINDBERG, J.E. et al. Metabolism of purines in relation to microbial production. In: ENGELHARDT, W.V.; LEONHARD-MAREK, S.; BREVES, G.; GIESECKE, D. **Ruminant physiology: digestion, metabolism, growth and reproduction**. Stuttgart: ENKE, 1995. p. 387-406.

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

WILSON, J.R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G.; BUXTON, R.D. (Eds.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA – CSSA – SSSA, 1993. p.1-27.

**Custo de Produção do Leite em Sistema de Alimentação com Diversos
Volumosos, Suplementados com Concentrado, Contendo Fontes
Protéicas de Diferentes Degradabilidades no Rúmen**

RESUMO – O objetivo deste trabalho foi examinar a viabilidade financeira de sistemas de produção de leite quando submetidos a cinco modalidades de ração. Para isso, foram determinados: renda bruta, custo de produção, margens, lucros e taxas de retorno do capital investido. Além desse objetivo central, foi também verificada a sensibilidade dos sistemas de produção, simulando vários preços de ingredientes dos concentrados, diferentes produtividades da cana, preços e escalas de produção do leite, buscando, com isso, medir os efeitos de tais simulações sobre a taxa de retorno do capital investido. As cinco modalidades de arraçãoamento foram silagem de milho com concentrado convencional (SMC) e silagem de capim-elefante (SCE) e cana, associadas a concentrados contendo fontes protéicas de alta (PDR) e baixa (PNDR) degradabilidades ruminais. Os tratamentos foram alocados no delineamento em quadrado latino 5 x 5 e repetidos no tempo. Para o desenvolvimento desta pesquisa, utilizaram-se a estrutura física e os recursos humanos do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí. Com base nas análises de preços e na utilização dos recursos (operacionais e fixos), determinaram-se a renda bruta, o equivalente produzido em leite, o custo operacional efetivo, o custo operacional total e o custo total da produção de leite. Com valores, geraram-se o custo médio e os lucros. O custo médio variou numa amplitude de R\$0,287 para SCE/CPNDR a R\$0,305 para cana/CPNDR. O lucro, por kg de leite, foi inferior a R\$0,05, enquanto o custo anual de cada vaca variou de R\$77,58 para cana/CPNDR a R\$201,00 para SCE/CPNDR. A remuneração do capital investido anualmente em uma produção de leite à base de cana/CPDR seria 48% acima da taxa nominal de juros paga pela caderneta de poupança, observando-se os preços cotados pelo AGRANUAL (2002) do farelo de soja de R\$0,42/kg de matéria natural e do milho de R\$0,15/kg de matéria natural. Mantendo-se a produtividade da cana entre 65 e 100 t por hectare/ano e os preços da soja (em lugar do farelo de soja) e do milho reduzindo-se em 15% nos seus custos de produção, a taxa de remuneração do capital investido ficaria superior ou igual a 10% ao ano. O

gerenciamento da atividade leiteira com produção entre 14 e 16 kg de leite por vaca/dia e alimentação à base de silagem de milho, SCE ou cana, cujo preço do leite é de aproximadamente R\$0,353/kg, oferece melhor margem de segurança gerencial. Abaixo desse preço, a atividade prioriza a utilização de rações que possibilitem menor conversão alimentar para leite. A atividade leiteira, em qualquer uma das classes de alimentação em sistema semi-extensivo, remunerou o capital melhor que a taxa de juros nominais paga pela caderneta de poupança. O nível superior ou igual a 10% ao ano de retorno sobre o capital investido pode ser conseguido com diferentes níveis percentuais de alterações na escala de produção leiteira. Utilizando a ração SCE/CPNDR, obter-se-ia tal retorno com 10%; já com a ração SMC, com 20%; e com as demais rações, acima deste percentual.

Palavras-chave: volumoso, sistema de produção, vaca leiteira, custo de produção do leite e sistema de alimentação.

Cost of the Milk Production in a Feeding System with Several Forages, Supplemented with Concentrate, Containing Protein Sources of Different Ruminal Degradabilities

ABSTRACT – The objective of this work was to examine the financial viability of the systems of the milk production when they were submitted to five ration modalities. The gross income, the production cost, the margins, the profits and the rates of return of the invested capital were obtained for that purpose. Besides this central objective, it was also verified the sensibility of the system productions simulating several prices of the concentrate ingredients, different productivities of the cane, prices and scales of the milk production, looking for a way to measure the effects of such simulations, in the rate of return of the invested capital. The five feeding modalities were: corn silage, with conventional concentrate (CSC), and elephant grass silage (EGS) and cane, associated with concentrates containing sources of degraded (CDPR) and undegraded (CUPR) protein in the rumen. The treatments were allocated in design in Latin square 5 x 5 repeated in the time. For the development of this work, it was used the facilities and the staff from the “Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí”. The gross income, the equivalent produced in milk, the effective operational cost, the total operational cost and the total cost of the milk production were determined based on the analyses of the prices and in the use of the resources (operational and fixed) from the CEFET - Bambuí. From these values, the average cost and the profits were calculated. The average cost varied from R\$ 0,287 for EGS/CUPR to R\$ 0,305 for cane/CUPR. The profit for each kg/milk was smaller than R\$ 0,05 and the annual profit for each cow varied from R\$ 77,58 for cane/CUPR to R\$ 201,00 for EGS/CUPR. The annual invested capital remuneration in a milk production based on cane/CDPR would be 48% above the nominal rate of interests paid for the saving accounts. It was observed the prices quoted by the AGRIANUAL (2002) of the soybean meal which was R\$ 0,42 and of the corn which was R\$ 0,15 / kg of natural matter each. Keeping the cane productivity between 65 and 100 t per hectare/year, and using the soybean grain instead of the soybean meal and keeping on using the corn with their cost productions reduced in 15%, the rate of the invested capital remuneration would be higher or equal to 10% a year. The dairy activity

management with the production between 14 and 16 kg of milk/cow/day and the feeding based on corn silage, EGS or cane, whose price of the milk is approximately R\$ 0,353/kg, offers a better margin of managing safety. Below this price, the activity prioritizes the use of rations that makes possible a smaller milk alimentary conversion. The dairy activity in any one of the feeding classes in semi-extensive system got the best-invested capital than the nominal interest rate paid by the savings account. The equal or higher level of 10% a year of return on the invested capital can be gotten with different percentile levels in the milk production scale. By using the ration EGS/CUPR it would be obtained such return at 10%, but with the ration CSC it would be 20% and with the other rations it would be above this percentile.

Key Words: forages, production system, dairy cow, cost of milk production and feeding system.

Introdução

O leite produzido no Brasil teve de 1980 a 1994, de acordo com Gomes (1995), uma redução no preço pago ao produtor de 62% diante de um aumento da produção de 150%. Esse fato coloca o Brasil entre os países como aquele que tem o preço mais competitivo, sem subsídio. De acordo com Holmes (1995), McGilliard (1996), Jank (1996), Galetto (1996) e Jank Júnior (2000), a diferença de preços do leite, em U\$/litro, pagos aos produtores em seus respectivos países é de 0,17 – 0,20 na Nova Zelândia; 0,23 – 0,36 nos Estados Unidos; 0,192 na Austrália; 0,215 na Argentina; e 0,14 – 0,15 no Brasil. No entanto, os produtores do Brasil com escala de até 50 litros/dia estão participando cada vez menos na produção total. Gomes (1999), com base no método de análise envoltória de dados e em 3,3% de crescimento anual da produção leiteira do Brasil, simulou uma diminuição anual de 15,7% de produtores ao ano, considerando um cenário de produtores em 2010 com média diária por vaca acima de 10 kg de leite e produção média por estabelecimento de 754 litros/dia. Tal fato foi observado por Galan (1998), num estudo de evolução da estratificação da produção na empresa Itambé, onde de 1985 a 1997 os produtores de até 50 litros/dia, que representavam 64% do cenário, caíram para aproximadamente 12%. Galetto (1996), com base em análise da estrutura produtiva de leite da Província de Santa Fé, Argentina, de 1975 a 1995, pôde detectar queda de 62% dos produtores que não atingiram a média anual de 3.800 litros por vaca/ano.

Em qualquer atividade lucrativa, otimizar a rentabilidade líquida dos recursos disponíveis, por meio de balanços detalhados das perdas e ganhos, constitui o objetivo máximo do administrador, garantindo a sobrevivência da empresa sem agredir o meio ambiente.

Dar um rumo profissional à atividade leiteira, diante das condições brasileiras, passa pela necessidade de implementação do controle do custo total da produção de leite nas diversas modalidades de produção existentes no Brasil.

Reis (2000) observou queda de 58% no lucro da produção, entre 14 e 16 kg de leite/dia, de vacas mestiças alimentadas com ração à base de capim-elefante, numa proporção de 40 a 60% da matéria seca. Silva et al. (1995),

com base numa estrutura de mais de 25 anos de produção de leite em pasto de capim-elefante, estimaram o custo de produção do leite entre U\$ 0,14 e U\$ 0,19/litro em sistemas com média de 15 kg por vaca/dia.

Na literatura são raros os trabalhos que comparam os custos de produção de leite à base de forragem de alta produtividade em sistemas semi-extensivos. Para isso, o objetivo central deste estudo foi examinar a viabilidade financeira de um sistema semi-extensivo de produção de leite, por meio do custo total da produção leiteira de vacas submetidas a cinco modalidades de ração. Além desse objetivo, foi analisada, por meio de simulação, a sensibilidade desse sistema de produção diante das variações de preços dos ingredientes da ração, da produtividade da cana, do preço do leite e das escalas de produção.

Material e métodos

Os aspectos gerais deste trabalho, com relação a local de realização, clima, manejo alimentar, sanitário e produtivo das vacas, quantificações da alimentação e produção, foram descritos no 1º trabalho desta tese.

O sistema semi-extensivo do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí, projetado para 70 vacas, é denominado Unidade de Ensino e Produção (UEP) de bovinocultura e está vigente há mais de 30 anos. Esse sistema possui 121 UA, estábulo para 54 vacas em lactação e instalações para cria e recria de 51 UA, em uma área efetiva de 30 hectares. O sistema é auto-sustentável em áreas para pasto e em cultivo de forrageira para corte. É integrado à cooperativa dos alunos, por meio da qual são feitas as transações de compra e venda entre as UEPs do CEFET – Bambuí e para fora.

No ambiente interno do CEFET – Bambuí, as transações de mercado se dão entre as UEPs de Agricultura, na compra de silagem de milho e venda de esterco; de avicultura, na compra de esterco de aves para adubação de pasto; de laticínios, na venda do leite; de processamento de carnes, na venda de animais; de jardinagem, na compra de feno e venda de esterco; e de piscicultura, na compra de feno.

O suprimento de recursos variáveis é feito através do setor de almoxarifado e há também os setores de apoio e serviços gerais. Gerenciam o sistema um professor-coordenador, um auxiliar de bovinocultura e, recentemente, incluiu-se um administrador, visando à qualificação de 200 técnicos por ano em Zootecnia ou Agropecuária.

Toda alimentação vem do sistema de integração das UEPs, exceto a cana, pois parte (30%) foi adquirida de produtores da região de Bambuí.

Os preços dos produtos de venda, leite e esterco, dos insumos de consumo e serviços foram aqueles cotados pelo CEFET – Bambuí no ano de 2001. Nesse período, foram determinados os custos de produção da silagem de milho, da silagem de capim-elefante com fubá de milho (SCE) e da cana, bem como o levantamento dos valores de animais, benfeitorias, máquinas e terra (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

As fichas para levantamento dos dados foram confeccionadas de acordo com os seguintes modelos: 1) ajuste diário da matéria seca da ração fornecida; 2) controle da produção de leite por vaca, relacionada ao tratamento; 3) controle diário das sobras de cada vaca; e 4) cronograma operacional das atividades experimentais.

A quantificação monetária do empresário, por produto vendido, foi obtida multiplicando-se as quantidades produzidas de leite e esterco pelos preços de mercado. Os custos de insumos e serviços foram calculados multiplicando-se as quantidades utilizadas pelos respectivos preços. Tanto os produtos vendidos quanto os insumos adquiridos foram acrescidos da metade da taxa de juros paga pela caderneta de poupança. Isso corresponde à remuneração do capital pela metade do período.

As sobras, em torno de 5%, eram reutilizadas na alimentação dos animais de menores exigências nutricionais da UEP de Bovinocultura, sendo, portanto, desconsiderado o seu valor de venda, uma vez que a ração consumida foi a diferença da oferta de ração menos as sobras.

O custo do capital fixo incluindo benfeitorias, equipamentos, instalações e animais (vacas) é igual à depreciação acrescida dos juros de remuneração do capital. A depreciação foi estimada pelo método linear de cotas fixas. Para a remuneração do capital, utilizou-se a taxa de juros real da caderneta de poupança.

Tabela 1 – Recursos fixos utilizados na Unidade de Ensino e Produção de Bovinocultura, incluindo porcentagem de uso para vacas, vida útil, valor de mercado e classe de custo à que pertence (valores relativos ao ano de 2001)

	Discriminação	Vaca (%)	Vida Útil (Dias)	Valor de Mercado (R\$)		Classe de Custo
				Compra	Valor Residual	
105	1 - Terra nua – 30 hectares	57,85		61.470,00		Terra
	2 - Vaca leiteira –70 cabeças		2.555	84.000,00	33.740,00	Animal
	3 - Estábulo coberto – 357 m ²	100,00	10.950	19.780,00	0,00	Benfeitoria
	4 - Curral concretado, com cocho coberto e bebedouro – 545 m ²	100,00	10.950	8.203,00	0,00	Benfeitoria
	5 - Calçamento com meio-fio – 172 m ²	57,85	10.950	1.616,00	0,00	Benfeitoria
	6 - Casa – 97 m ²	100,00	7.300	9.250,00	0,00	Benfeitoria
	7 - Paio suspenso– 57 m ²	57,85	10.800	3.420,00	0,00	Benfeitoria
	8 - Silo-trincheira – 584 m ³	100,00	5.475	3.554,00	0,00	Benfeitoria
	9 - Ponto de luz – 15 CV	100,00	10.950	7.455,00	0,00	Benfeitoria
	10 - Cerca de arame – 3.190 m	57,85	5.475	10.623,00	319,00	Benfeitoria
	11 - Cerca de arame liso de 1 fio – 1.200 m		3.650	999,60	0,00	Benfeitoria
	12 - Motor elétrico de 10 CV – 1	57,85	5.475	1.531,00	0,00	Equipamento
	13 - Ordenha mecânica de balde ao pé com 4 unidades – 1	100,00	5.475	6.475,00	0,00	Equipamento
	14 - Ensiladeira com base PP44 – 1	57,85	3.650	2.636,00	0,00	Equipamento
	15 - Botijão de sêmen AL29 – 1	100,00	5.475	3.108,00	0,00	Equipamento
	16 - “Kit” de inseminação artificial –1	100,00	1.825	286,00	0,00	Equipamento
	17 - “Kit” rural – 1	100,00	1.825	561,00	0,00	Equipamento
	18 - “Kit” de aplicação de medicamento –1	57,85	3.650	407,00	0,00	Equipamento
	19 - “Kit” de pulverização de medicamento – 1	57,85	1.825	300,00	0,00	Equipamento
	20 - “Kit” de escritório – 1	100,00	1.825	1.970,00	0,00	Equipamento

Continua...

Tabela 1 – Cont.

Discriminação	Vaca (%)	Vida Útil (Dias)	Valor de Mercado (R\$)		Classe de Custo
			Compra	Valor Residual	
21 - “Kit” de limpeza –1	100,00	730	77,00	0,00	Equipamento
22 - Eletrificador – 2	100,00	730	47,00	0,00	Equipamento
23 - “Kit” de práticas zootécnicas –1	57,85	1.095	34,00	0,00	Equipamento
24 - Balança mecânica para gado, com 50% de uso para vacas – 1	57,85	7.200	3.978,00	0,00	Equipamento
25 - Balança mecânica – 200 kg	57,85	7.200	570,00	0,00	Equipamento
26 - Balança para leite – 20 kg	100,00	7.200	225,00	0,00	Equipamento
27 - Carroção c/ boi – 2,4 m ³	100,00	3.650	700,00	0,00	Equipamento
28 - Caixa de água e rede hidráulica	100,00	1.095	400,00	0,00	Instalação
29 - Rede sanitária	100,00	1.825	200,00	0,00	Instalação
30 - Rede elétrica	100,00	1.825	500,00	0,00	Instalação

Tabela 2 – Recursos variáveis utilizados na Unidade de Ensino e Produção de Bovinocultura, incluindo porcentagem de uso para vacas, quantidade, valor de mercado e classe de custo à que pertence (valores relativos ao ano de 2001)

Discriminação	Vaca (%)	Quantidade	Valor Mercado (R\$)	Classe de Custo
1 - Material de consumo para escritório	100,00	1 cota	73,00	Equipamento
2 – Sêmen	100,00	105 ds	735,00	Equipamento
3 – Nitrogênio	100,00	54 L	162,00	Equipamento
4 - Limpeza e higienização	100,00	1 cota	434,00	Benfeitoria
5 - Medicamento e vacina	57,85	1 cota	1.044,00	Animal
6 - Análise de solo	100,00	Amostra	10,00	Alimento
7 - Energia elétrica	57,85	3.650 kWH	1.249,00	Todas
8 - Recurso humano: salário, alimento, gratificação e treinamento	75,00	1cota	11.928,00	Todas
9 - Serviço de máquina	100,00	60 horas	1.200,00	Todas
10 - Reparo de benfeitorias e instalações				
3% sobre o valor	80,00	1	1.980,02	
11 - Reparo de máquinas e equipamentos	100,00	1	1.145,25	
5% sobre o valor				

Tabela 3 – Ingredientes e concentrados utilizados no experimento, incluindo a unidade e valor de mercado, no período de abril a setembro de 2001

Suplementos	Valor Unitário (R\$/kg)
1 - Ingredientes, base da matéria natural	
1.1 - Fubá de milho	0,1800
1.2 - Milho desintegrado com palha e sabugo	0,1000
1.3 - Farelo de glúten de milho	0,8600
1.4 - Farinha de peixe	0,9300
1.5 - Farelo de soja	0,6200
1.6 - Uréia	0,4900
1.7 - Gordura de bovino	0,6000
1.8 - Mistura mineral para silagem de milho	0,5800
1.9 - Mistura mineral para SCE e cana	0,4900
2 - Concentrados, base da matéria seca	
2.1 – Concentrado convencional	0,4379
2.2 - “ com fontes de PDR para SCE	0,4581
2.3 - “ “ “ “ PNDR “ “	0,5728
2.4 - “ “ “ “ PDR “ Cana	0,3825
2.5 - “ “ “ “ PNDR “ “	0,4507

SCE = silagem de capim-elefante, PDR = proteína degradada no rúmen e PNDR = proteína não-degradada no rúmen.

Tabela 4 – Produtividade e especificações dos custos da matéria natural, agregados às silagens de milho e capim-elefante e à cana, no ano de 2000/01, na Unidade de Ensino e Produção de Bovinocultura do CEFET – Bambuí

Especificações	Silagens		Cana
	Milho	Capim-elefante	
Produtividade (t/ha)	30	180	50
Implantação (R\$/ha)	963,60	113,40	321,00
Manutenção (R\$/ha)	-	325,80	449,00
Uso da terra nua (R\$/ha)	120,00	120,00	120,00
Aditivo ¹ (R\$/ha)	-	2.392,20	-
Custo de ensilagem (R\$/ha)	273,60	756,00	-
Custo de utilização (R\$/ha)	135,00	510,60	237,50

¹Fubá de milho.

O custo do fator terra foi calculado multiplicando-se o preço da terra pelo juro real da caderneta de poupança. Todos esses procedimentos descritos anteriormente estão de acordo com Gomes (1999).

As vendas, livres de impostos, do leite *in natura* e de esterco de curral, durante os meses de abril a setembro de 2001, foram de 320 e 16 R\$/t.

Consta das Tabelas 1 e 2 o resumo dos recursos utilizados, exclusivamente, para 70 vacas, bem como a locação do recurso, dentro dos grupos de custos que compõem o custo total da produção de leite, a vida útil e o valor de utilização. Na coluna que discrimina o valor percentual de uso para vaca, os valores diferentes de 100 foram obtidos, dividindo-se 70 UA por 121 UA e multiplicando-se por 100, obtendo-se 57,85%. Seguindo raciocínio semelhante, os valores de 75 e 80% foram obtidos, respectivamente, multiplicando-se por 100 as despesas anuais de 70 vacas com recursos humanos (R\$8.968,05) e reparo de benfeitorias e instalações (R\$1.584,10) e dividindo-se pelas respectivas despesas totais com as 121 UA, no ano de 2001.

Constam da Tabela 3 os preços médios dos ingredientes, na base da matéria natural, e dos concentrados experimentais, na base da matéria seca. Os concentrados foram produzidos no setor de rações do CEFET – Bambuí, acrescidos de 10%, referentes aos gastos para a manutenção do setor. O preço do fubá de milho foi acrescido de 20%, referentes ao custo de moagem.

Constam nas Tabelas 4 e 5 os volumosos utilizados, na base da matéria natural, no experimento e os respectivos resumos dos custos agregados, por hectare, para a silagem de milho com 40% de matéria seca, em 30 t; a SCE com 27% de matéria seca, em 180 t de capim-elefante picado misturadas a 2,3 t de fubá; e a cana com 31% de matéria seca, em 50 t. Os custos dos volumosos foram obtidos, com base em dados do CEFET – Bambuí, em integração com as UEPs de Agricultura e Mecânica, juntamente com o Setor de Rações. A vida útil do canavial foi considerada com base em cinco cortes, sendo a capineira de capim-elefante, em 15 anos. O custo da terra nua representou, em todas as culturas, a remuneração do valor investido, em terra, aplicado a 6% ao ano em caderneta de poupança.

Tabela 5 – Especificação dos custos agregados às silagens de milho e de capim-elefante e à cana e das respectivas matérias natural (MN) e seca (MS), no ano de 2000/01, na Unidade de Ensino e Produção de Bovinocultura do CEFET – Bambuí

Especificações (R\$/t de MN)	Silagens		Cana
	Milho	Capim-elefante	
Implantação	32,12	0,63	6,42
Manutenção	-	1,81	8,98
Uso da terra nua	4,00	0,67	2,40
Aditivo ¹	-	13,29	
Custo de ensilagem	9,12	4,20	
Custo de utilização	4,50	2,84	4,75
Total – MN	49,74	23,43	22,55
Total – MS (R\$/t de MS)	124,35	86,78	72,74

¹Fubá de milho.

Resultados e discussão

Nas Tabelas 6, 7 e 8 são apresentados os resultados econômicos da produção de leite de vacas com cinco modalidades de ração. Destaca-se, na Tabela 6, o melhor resultado econômico quando na produção de leite se utilizou a ração SCE/CPNDR. Pela Tabela 7, essa ração, em relação à SMC, exibiu valores absolutos de renda bruta, custo total, margem bruta, margem líquida e lucro de 11,46; 8,11; 12,03; 17,76; e 52,78%, respectivamente. Esses valores para as demais rações foram numericamente superiores, exceto o custo total, em relação à cana/CPDR, que foi de 6,90%.

Os valores das toneladas de matéria seca das silagens de milho (R\$116,29) e capim-elefante (R\$61,87) foram obtidos, com base na Tabela 5, após a exclusão das respectivas frações energéticas de 24 e 21%. Quando se compararam os preços, na base da matéria seca, desses volumosos com o da cana, o volumoso da silagem de milho ficou 60% mais caro e o do capim-elefante, 15% mais barato. Além de o preço do volumoso limitar o desempenho econômico da atividade leiteira, devem-se observar também a digestão e a

Tabela 6 – Renda bruta, custos e lucro da produção do leite de vacas arraçadas com diferentes volumosos complementados com concentrado com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais¹

Especificações	UD	R\$/UD	Rações									
			SMC		SCE/CPDR		SCE/CPNDR		Cana/CPDR		Cana/CPNDR	
			Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor
1 - Renda bruta												
1.1 - Venda de leite	kg	0,321	1.543,815	495,565	1.444,590	463,713	1.721,580	552,627	1.516,620	486,835	1.461,810	469,241
1.2 - Venda de esterco	kg	0,016	518,228	8,312	565,184	9,066	591,728	9,491	529,358	8,491	425,744	6,829
Total	R\$			503,877		472,779		562,118		495,326		476,070
2 - Custos												
2.1 - Custo operacional efetivo												
2.1.1 - CSM-MS	kg	0,439	305,550	134,147								
2.1.2 - SCE/CPDR-MS	kg	0,459			343,350	157,683						
2.1.3 - SCE/CPNDR-MS	kg	0,574					369,600	212,293				
2.1.4 - Cana/CPDR-MS	kg	0,383							570,150	218,619		
2.1.5 - Cana/CPNDR-MS	kg	0,452									469,350	212,087
2.1.6 - SM-MS	kg	0,125	1.132,950	141,263								
2.1.7 - SCE ² -MS	kg	0,087			1.084,650	94,359	1.166,550	101,484				
2.1.8 - Cana-MS	kg	0,073							852,600	61,836	703,500	51,022
2.1.9 - Mão-de-obra para manejo	Vc/dia	0,351		36,845		36,845		36,845		36,845		36,845
2.1.10 - Medicamentos e vacinas	Vc/dia	0,024		2,489		2,489		2,489		2,489		2,489
2.1.11 - Reparo de benfeitorias	Vc/dia	0,062		6,531		6,531		6,531		6,531		6,531
2.1.12 - Reparo ME	Vc/dia	0,045		4,715		4,715		4,715		4,715		4,715
2.1.13 - Inseminação artificial	Vc/dia	0,035		3,696		3,696		3,696		3,696		3,696
2.1.14 - Energia para o estábulo	Vc/dia	0,028		2,982		2,982		2,982		2,982		2,982
2.1.15 - Serviço de limpeza	Vc/dia	0,047		4,946		4,946		4,946		4,946		4,946
2.1.16 - Diversos	Vc/dia	0,006		0,630		0,630		0,630		0,630		0,630
Subtotal				337,889		314,638		376,356		343,133		325,813

Continua...

Tabela 6 – Cont.

Especificações	UD	R\$/UD	Rações									
			SMC		SCE/CPDR		SCE/CPNDR		Cana/CPDR		Cana/CPNDR	
			Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor	Q ^{idade}	Valor
2.2 – Custo operacional total												
2.2.1 - Custo operacional efetivo	R\$	1		337,889		314,638		376,356		343,133		325,813
2.2.2 - Depreciação da vaca	R\$	1		29,510		29,510		29,510		29,510		29,510
2.2.3 - Depreciação do pasto	R\$	1		5,740		5,740		5,740		5,740		5,740
2.2.4 - Depreciação BI	R\$	1		11,300		11,300		11,300		11,300		11,300
2.2.5 - Depreciação de equipamentos	R\$	1		7,230		7,230		7,230		7,230		7,230
Subtotal				391,669		368,418		430,136		396,913		379,593
2.3 - Custo total												
2.3.1 - Custo operacional total	R\$	1		391,669		368,418		430,136		396,913		379,593
2.3.2 - Juros sobre o capital em vaca	R\$	1		43,340		43,340		43,340		43,340		43,340
2.3.3 - Juros sobre pasto formado	R\$	1		6,810		6,810		6,810		6,810		6,810
2.3.4 - Juros sobre o capital em BI	R\$	1		9,940		9,940		9,940		9,940		9,940
2.3.5 - Juros sobre ME	R\$	1		5,300		5,300		5,300		5,300		5,300
2.3.6 - Juros sobre o capital terra	R\$	1		8,770		8,770		8,770		8,770		8,770
Custo												
Total	R\$			465,829		442,578		504,296		471,073		453,753
Unitário	R\$/kg			0,296		0,300		0,287		0,304		0,305
Margem líquida anual	R\$			390,055		362,778		458,796		342,104		335,371
Lucro												
Total	R\$/kg			38,048		30,201		57,823		24,253		22,317
Unitário	R\$			0,024		0,020		0,033		0,016		0,015
Anual	R\$			132,261		104,984		201,003		84,309		77,577

ME = máquinas e equipamentos, BI = benfeitorias e instalações e Vc = vaca.

¹ Dados médios por vaca, no período experimental, de abril a setembro de 2001.

² Silagem de capim-elefante com 21% de fubá de milho, na base da matéria seca.

Tabela 7 – Resumo diário da renda e dos custos de produção na atividade leiteira, em função da ração utilizada na alimentação das vacas

Especificações	UD	Rações				
		SMC	SCE		Cana	
			CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR
Renda bruta	R\$/Vc	4,80	4,50	5,35	4,72	4,53
Custos						
Operacional efetivo	R\$/Vc	3,22	3,00	3,58	3,27	3,10
Operacional total	"	3,73	3,51	4,10	3,78	3,61
Total	"	4,44	4,21	4,80	4,49	4,32
Margem bruta	"	1,58	1,51	1,77	1,45	1,43
Margem líquida	"	1,07	0,99	1,26	0,94	0,92
Lucro	"	0,36	0,29	0,55	0,23	0,21

Vc = vaca.

Tabela 8 – Resumo da renda e dos custos de produção da atividade leiteira, em R\$/kg de leite

Especificações	Rações				
	SMC	SCE		Cana	
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR
Renda bruta	0,3265	0,3272	0,3264	0,3267	0,3257
Custos	-	-	-	-	-
Operacional					
efetivo	0,2190	0,2177	0,2185	0,2262	0,2228
Operacional total	0,2538	0,2550	0,2498	0,2617	0,2596
Total	0,3018	0,3063	0,2928	0,3106	0,3103
Margem bruta	0,1075	0,1095	0,1079	0,1005	0,1029
Margem líquida	0,0727	0,0723	0,0767	0,0650	0,0661
Lucro	0,0246	0,0209	0,0336	0,0161	0,0154

utilização dos nutrientes, em nível ruminal, pela microbiota e do organismo pelo hospedeiro. Nesse aspecto, a cana, em relação à SCE, apresentou menor digestão da fração B₂ de carboidrato e alto consumo de carboidratos prontamente disponíveis, causando, com isso, uma baixa eficiência energética (1º trabalho). Devido a esse último fato, a cana, em relação à silagem de milho, propiciou resultados econômicos menos atrativos.

Os concentrados formulados com fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal, em relação ao de alta, foram mais caros. Entretanto, os volumosos suplementados com tais concentrados, ofertados para vacas leiteiras, tiveram reduções nas conversões alimentares de leite. Com a silagem de capim-elefante houve, também, maior produção de leite (1^o trabalho). Dessa forma, o preço do concentrado não foi o principal fator limitante de melhores desempenhos econômicos da atividade leiteira.

Para reduzir o preço da fração de volumoso do milho para silagem, deve-se priorizar o aumento tanto da fração de grãos quanto da produtividade de massa por hectare. Caso contrário, é melhor comprar o milho no mercado, arcar com os custos de moagem e incorporá-lo, nas mesmas proporções, ao capim-elefante picado.

A decisão de comprar o milho no mercado e arcar com a moagem, além de reduzir o preço do volumoso, pode melhorar o desempenho econômico dos animais porque nutricionalmente, conforme relatado no 1^o trabalho, a digestão pós-ruminal da fração B₁ de carboidrato das rações à base de SCE foi superior. Também, com maior proporção de concentrado energético na SCE, é possível aumentar a utilização, em nível ruminal, da proteína bruta, em maiores teores na forragem de capim-elefante em relação às outras (1^o trabalho).

A ensilagem da cana com fubá de milho economicamente não é interessante, visto que, no período de escassez de alimento, seus valores nutricionais para bovinos permanecem praticamente estáveis. Contudo, a ensilagem desse material possibilita uma fermentação rica em lactato, devido aos teores elevados da fração A de carboidrato. Analisada pelo aspecto nutricional, com base no 1^o trabalho/artigo desta tese, a fração A de carboidrato da cana seria aproveitada na forma de ácidos graxos voláteis, o que poderia reduzir o incremento calorífico. O fubá adicionado à cana, após sofrer a ação fermentativa, além de melhorar o sincronismo energético em nível ruminal, pode aumentar a reutilização do N-NH₃ em proteína microbiana e ter maior digestão pós-ruminal. A fração B₂ de carboidrato da cana, após passar pelo processo de ensilagem, pode vir a contribuir para o desempenho econômico do animal.

Quando o preço do milho estiver superior ou igual a R\$0,15/kg de matéria natural, a utilização de concentrado, com fontes de PNDR na SCE,

possibilita lucros anuais inferiores ou iguais a 52 e 147%, em relação aos volumosos silagem de milho e cana, respectivamente. Com o mesmo consumo de matéria seca e ração à base de SCE, o CPNDR possibilitou lucrar 90% a mais do que com o CPDR. Essa melhoria é justificada na menor conversão alimentar e maior eficiência energética (1^o trabalho). A produção de leite com ração à base de cana seria menos interessante do que a taxa de juros da caderneta de poupança se a produtividade da cana fosse abaixo de 40 t ou o preço do fubá de milho, acima de R\$0,20/kg de matéria natural.

Mantendo as condições da Tabela 6, considerando a relação do dólar oficial na época 1 U\$=2,4205 R\$ (ANUALPEC, 2002) e se o preço do leite no mercado fosse indexado a \$22/litro, como é relatada numa economia globalizada, a produção de leite renderia líquido acima de R\$0,10/litro com qualquer uma das forrageiras. Se o preço do leite tivesse sido negociado a R\$0,275, de acordo com levantamento feito no período de abril a setembro de 2001 (ANUALPEC, 2002), a atividade leiteira seria desinteressante, por propiciar lucro negativo.

O custo médio da produção de leite, de acordo com a Tabela 6, é competitivo com o dos países citados anteriormente, além do que, naquela época, o preço de mercado do leite de abril a setembro de 2001, em Minas Gerais, era de \$11,36/litro (ANUALPEC, 2002), bem abaixo de \$14/litro (Jank Júnior, 2000). O custo médio da produção de leite, para todas as classes de ração, foi 12% a menos que o limite inferior estimado por Silva et al. (1995).

Reis (2000), arraçando vacas à base de capim-elefante com 40% de concentrado, preparado com fontes de PDR, na base da matéria seca, e pouca utilização de máquina, obteve custo médio de produção de leite, corrigido em função da cotação do dólar, 33% superior ao da SCE/CPDR.

As frações percentuais de custo dos concentrados, em relação ao valor das produções de leite calculadas da Tabela 6, foram de 35, 43, 46, 45, e 45% para as respectivas rações SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. Nesses cálculos, as frações de concentrado energético das silagens de milho e capim-elefante foram reincluídas ao concentrado, propriamente dito, do respectivo volumoso. Caso contrário, os valores daquelas três primeiras rações seriam, respectivamente, iguais a 27, 34 e 38%.

Reis (2000), num trabalho comparável a este, observou que a fração de custo do concentrado representava 38% do valor da produção de leite, contra 43% para todas as classes de concentrado desta pesquisa. Contudo, esses valores percentuais são elevados, com base nos 30% relatados por Gomes (2000), indicando a necessidade de estudos com níveis abaixo de 40% de concentrado na matéria seca da ração.

O menor ponto de equilíbrio, calculado da Tabela 6, em relação ao custo total diário é 142 kg de leite/dia para a ração SCE/CPNDR. Essa observação corrobora os relatos de Galan (1998) e de Gomes (1999) sobre a redução de participação nos menores extratos de produção leiteira, de produtores brasileiros, com até 50 litros de leite por dia. Gomes (1999) verificou que a margem bruta, em salários mínimos/vaca/mês/produtor eficientes com produção acima de 10 kg de leite/dia, foi de 0,0177 *versus* 0,2330 observado, considerando todas as classes de ração. De acordo com essa comparação e com o lucro líquido unitário de R\$0,0221, para todas as classes de ração (Tabela 8) a margem bruta dos produtores, citados por Gomes (1999), é muito baixa e não cobre os custos de depreciação e remuneração do capital investido na produção leiteira.

As simulações da Tabela 9 foram feitas tomando por base as cotações, entre abril e setembro de 2001, dos preços médios, na base da matéria natural, do farelo de soja de R\$0,42, no mercado de São Paulo, e do milho de R\$0,15, no mercado de Goiás (AGRIANUAL, 2002). A partir desses valores, realizaram-se variações de 10% para cima e para baixo. No valor cotado do farelo de soja, obtiveram-se quatro novos preços e no do milho, depois de acrescidos 20% de custos com moagem, dois novos preços. Tais simulações foram baseadas em um sistema de produção semi-extensivo, com produção de 14,5 kg de leite por dia, utilizando-se cana com 40% de CPDR na base da matéria seca. Assumindo uma taxa de retorno sobre o capital investido superior ou igual a 10% ao ano, percebe-se, na Tabela 9, que, com os preços menores, em kg da matéria natural, do fubá de milho (R\$0,18) e do farelo de soja (R\$ 0,42), a produção de leite não é desestimulada. Com o preço do fubá de milho inferior ou igual a R\$0,162 por kg de matéria natural, o farelo de soja pode ter maior flexibilidade de preço, sem desestímulo da produção de leite. Em situações diferentes dessas, o empresário tende a procurar outras atividades com melhores atratividades, preferencialmente correlacionadas com a de sua competência (produção de leite).

Tabela 9 – Taxas de retorno sobre o capital investido (% a.a.) em seis cenários de preços do farelo de soja e três cenários de preços do fubá de milho, no tratamento cana/CPDR

Farelo de Soja (R\$/kg de Matéria Natural)	Milho (R\$/kg de Matéria Natural) ¹		
	0,198	0,180 ²	0,162
0,508	7,16	7,92	8,70
0,462	7,65	8,42	9,20
0,420 ²	8,11	8,88	9,67
0,378	8,56	9,35	10,14
0,340	8,98	9,77	10,57

¹ Acrescido de 20% de custo para moagem.

² Cotação média, entre abril e setembro de 2001, do preço do farelo de soja no mercado de São Paulo e do milho no mercado de Goiás (AGRIANUAL, 2002).

Na Tabela 10, apresenta-se o comportamento estimativo da remuneração do capital em uma atividade leiteira à base de cana com 40% de CPDR, em relação à produtividade e variação percentual da soja e do milho sobre os seus custos de produção. Nessa simulação foram assumidos os preços R\$0,2375 e R\$0,1625/kg de matéria natural da soja e do milho (AGRIANUAL, 2002) acrescidos de 20% de custos para moagem.

Tabela 10 - Taxa de retorno sobre o capital investido (% a.a.) em quatro cenários de produtividade da cana e de variações dos custos de produção da soja e do milho, no tratamento cana/CPDR

Produtividades da Cana (t/hectare)	Variações sobre os Custos de Produção da Soja e do Milho ¹ (%)			
	5	10	15	20
50	9,69	9,14	8,59	8,04
65	11,57	10,01	9,44	8,88
80	11,11	11,54	9,97	9,41
100	11,61	11,03	10,46	9,89

¹ AGRIANUAL (2002) e acrescido de 20% de custos para moagem.

Quanto menor o retorno sobre o capital investido, maior o risco da atividade, principalmente numa situação com crescimento econômico lento e dependente da economia externa. O retorno sobre o capital investido, de 10% ao ano, permite ao empresário gerenciar a atividade leiteira com uma segurança similar às demais atividades produtivas. Assim, quando os preços da soja e do milho estiverem menores que 15% em relação aos custos de produção e a produtividade da cana for superior ou igual a 65 t/hectare, a produção de leite passa a ser gerenciada com segurança. Fora dessa faixa de segurança e considerando o aparato de profissionalismo e de tecnologias do empresário na atividade em questão, isso o impossibilita de mudar para uma atividade com maior retorno do capital investido. Dessa forma, a permanência na atividade de produção de leite dar-se-á por meio do gerenciamento dos custos, sem afetar a escala de produção, que deve ser maior que a escala do equilíbrio. Evidencia-se, na Tabela 10, que manter a alta produtividade da cana para ser utilizada com o milho, adquirido no período de safra, pode ser o caminho ideal para se chegar a 10% ao ano de retorno sobre o capital investido.

A Tabela 11 foi construída a partir do preço médio do leite vendido para a UEP de Laticínios do CEFET – Bambuí e corrigido pela metade da taxa nominal de remuneração da caderneta de poupança. Na época, a atividade leiteira foi mais atraente que a taxa de juros paga pela caderneta de poupança porque remunerou o capital investido acima de 6% ao ano, com quaisquer modalidades de ração. Entretanto, na intenção de gerenciar o capital investido com maior margem de segurança diante dos riscos inerentes da atividade leiteira, se o preço do leite não aumentar para R\$0,353/kg, a utilização de ração com melhor eficiência energética possibilita a obtenção de uma melhor taxa de retorno sobre o capital investido.

Se o preço de mercado do leite situar-se na média dos limites do custo de produção do leite sugerido por Silva et al. (1995) e corrigido pela razão 1 US\$:2,4205 R\$ (ANUALPEC, 2002), a atividade leiteira oferece margem de segurança além da caderneta de poupança para ser gerenciada, com todas as rações. Já, no limite inferior, o interessante é utilizar a ração SCE/CPNDR. No limite superior, a atividade fica muito atraente. No entanto, a lei da oferta e procura é que determina o direcionamento da variação dos preços do leite no mercado brasileiro.

Tabela 11 – Taxas de retorno sobre o capital investido em cinco cenários de preços do leite

Cenários de Preço do Leite (R\$/kg)	Taxas de Retorno sobre o Capital Investido				
	SMC	SCE		Cana	
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR
0,321 ¹	7,68	7,26	8,80	6,72	6,67
0,353	11,06	10,46	12,48	10,03	9,90
0,385	14,44	13,69	16,15	13,34	13,13
0,417	17,82	16,91	19,83	16,65	16,36
0,449	21,20	20,13	23,50	19,96	19,59

¹ Tabela 6.

Na simulação da Tabela 12, considera-se o mesmo reflexo percentual de aumento nos consumos das rações, sem alteração nos recursos humanos e fixos. Nota-se, nesta Tabela, que para conseguir os 10% ao ano de retorno sobre o capital investido são necessários aumentos menores que 10% com SCE/CPNDR, 20% com SMC e 30% com as demais rações.

Tabela 12 – Taxas de retorno sobre o capital investido em quatro cenários de aumentos percentuais da escala de produção do leite

Escala de Produção	Taxas de Retorno sobre o Capital Investido (% a.a.)				
	SMC	SCE		Cana	
		CPDR	CPNDR	CPDR	CPNDR
Produção atual ¹	7,68	7,26	8,80	6,72	6,67
Mais 10%	9,01	8,58	10,18	7,97	7,95
Mais 20%	10,30	9,86	11,51	9,18	9,18
Mais 30%	11,54	11,10	12,78	10,35	10,37

¹Tabela 6.

Com base na Tabela 6 e no 1º trabalho, a participação percentual dos custos com alimentação em leite e a conversão alimentar foram de 0,93 e 56%; 0,99 e 54%; 0,89 e 57%; 0,94 e 58%; e 0,80 e 56%, respectivamente para as rações SMC, SCE/CPDR, SCE/CPNDR, cana/CPDR e cana/CPNDR. O consumo de matéria seca e a produção de leite foram superiores com rações à

base de SCE em relação à cana. De acordo com o relatado no 1º trabalho, esses fatos, juntamente com a menor conversão alimentar de leite da ração SCE/CPNDR, possibilitaram menor aumento na escala de produção do leite. Já com esse concentrado e o outro misturados à cana, devido ao baixo consumo desta, requer-se aproximadamente 30% de aumento da escala, como também da SCE/CPDR, em razão do maior valor de conversão alimentar desta ração em relação às demais.

A ração SMC, por ter consumo de matéria seca similar ao das demais rações (1º trabalho) e conversão alimentar relativamente maior que a das rações com CPNDR, requer aumento de cerca de 20% na escala de produção. Essas variações percentuais das escalas de produção podem ser atingidas tanto por aumentos de produtividade quanto pelo número de vacas.

Conclusão

Todos os tratamentos foram viáveis, com taxas de retorno sobre o capital investido superiores a 6% ao ano. Todavia, o tratamento de melhor desempenho econômico foi o da silagem de capim-elefante associada à fonte protéica de baixa degradação ruminal.

Referências Bibliográficas

AGRIANUAL 2002. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2002. 536 p.

ANUALPEC 2002. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2002. 400 p.

GALAN, V.B. O RECOOP e o destino do pequeno produtor de leite. **Boletim do leite**, v. 5, n. 47, fev. 1998.

GALETTO, A. El mercado como inductor de cambios estructurales y tecnologicos en modelos de produccion lechera. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p. 19-27.

GOMES, A.P. **Impactos das transformações da produção de leite no número de produtores e requerimentos de mão-de-obra e capital**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 161 f. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GOMES, S.T. O cálculo correto do custo de produção de leite. **Balde branco**, v. 35, n. 413, p. 42-48, 1999.

GOMES, S.T. Desenvolvimento da pecuária leiteira em face das políticas governamentais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 245-256.

GOMES, S.T. **Economia da produção de leite**. Belo Horizonte: Itambé, 2000. 132 p.

HOLMES, C.W. Produção de leite a baixo custo em pastagens: Uma análise do sistema neozelandês. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 69-95.

JANK JR., R.H. Consumidores em festa, produtores preocupados. **Boletim do Leite**, v. 7, n. 78, set. 2000.

JANK, M.S. Situação atual e prognóstico sobre as relações comerciais entre produtores e indústria. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora MG: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p. 10-18.

McGILLIARD, M.L. Future dairy production systems in the united states. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL, O FUTURO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE NO BRASIL, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, MG: EMBRAPA-CNPGL, 1996. p. 55-67.

REIS, C.S. **Utilização do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mineiro), submetido à adubação química e orgânica, na alimentação de vacas leiteiras.** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 2000. 106 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, S.C.; FARIA, V.P.; CORSI, M. Sistema intensivo de produção de leite em pastagens de capim elefante do Departamento de Zootecnia da ESALQ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GADO LEITEIRO, 2., 1995, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 97-122.

RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi desenvolvido no Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) de Bambuí, em Bambuí, MG, com o objetivo de estudar a viabilidade técnico-econômica de se utilizarem, na alimentação de vacas leiteiras, cinco modalidades de rações à base de silagem de milho e concentrado convencional (SMC), silagem de capim-elefante (SCE) e cana-de-açúcar (cana) com concentrados, variando-se o teor de PNDR. Essas rações, utilizadas para 10 vacas, foram alocadas em quadrado latino 5 x 5 e repetido no tempo, durante os meses de abril a julho de 2001. Durante esse período foram coletadas amostras da ração e seus ingredientes, do leite, das fezes, da urina e do sangue. Foram feitas pesagens dos animais, do leite, da ração e das sobras. Ao final do experimento, coletou-se amostra de fluido ruminal das vacas, a fim de determinar o perfil nictemeral do nitrogênio amoniacal ruminal, por tratamento. Também, foram determinadas as taxas de passagem de sólido e líquido fora do período experimental. Para melhor compreensão didática, dividiu-se o presente estudo em quatro fases: 1) a de utilização dos nutrientes da ração para produção de leite; 2) a de cálculo da energia líquida (manutenção e produção) dos volumosos e eficiência bruta na utilização da energia metabolizável aparente para produção de leite; 3) a de construção do perfil nictemeral do nitrogênio amoniacal ruminal, análise dos teores de metabólitos do sangue, da urina e do leite e validação do Sistema Cornell versão 4.0

(CNCPS 4.0); e 4) a de avaliação do desempenho econômico das vacas arraçadas com diferentes rações, em sistema semi-extensivo.

Na primeira fase, foram analisados os ingredientes das rações com relação a proteína bruta e frações (A, B₁, B₂, B₃ e C), carboidrato e frações (A, B₁, B₂ e C), fibras em detergente neutro, extrato etéreo, cinzas e minerais (Ca, P, Mg e K). Nas fezes, foram feitas as mesmas análises dos ingredientes das rações, incluindo as de cromo e cobalto, exceto frações de carboidrato, proteína e minerais. O leite foi analisado para proteína bruta, gordura, densidade e sólidos totais. As médias dos consumos de matéria seca e constituintes da ração, degradações e escapes ruminais de proteína e carboidrato, digestão total dos constituintes da ração e produção e composição química do leite foram contrastadas ortogonalmente (SMC x DEMAIS, SCE x cana, SCE/CPDR x SCE/CPNDR e cana/CPDR x cana/CPNDR).

A fase 2 desenvolveu-se paralelamente à primeira. Foram calculados os consumos de energia líquida (manutenção e produção) dos volumosos. Nesses cálculos, utilizaram-se as determinações da energia bruta do leite, o consumo de matéria seca da ração, as estimativas da energia líquida de manutenção dos animais e a energia líquida (manutenção e produção) dos ingredientes dos concentrados. A eficiência energética bruta para lactação da ração foi calculada pela razão da energia bruta do leite:consumo de energia metabolizável aparente. Empregando os estimadores propostos por Moe et al. (1972), Mertens (1987), Chandler (1990), Boever et al. (1999) e NRC (2001), obtiveram-se as estimativas dos consumos de energia líquida (manutenção e produção) dos volumosos para serem validados, com base nos observados em todas as classes de volumosos estudadas. Os valores de energia bruta do leite, de consumos de energia líquida (manutenção e produção) e nutrientes digeríveis totais e de eficiência na utilização da energia metabolizável, em leite, foram contrastados ortogonalmente, como já descrito.

Para a fase 3 foram construídos os perfis nictemerais do nitrogênio amoniacal ruminal e determinados os teores de N-uréia, glicose e creatinina do sangue e N-uréia da urina e do leite, bem como estimados o consumo de matéria seca, indigeríveis da ração e do volumoso, nutrientes digeríveis totais, produção e teor de N-uréia do leite, utilizando-se o “software” CNCPS 4.0. As médias relativas aos teores de metabólitos do sangue, da urina e do leite foram

comparadas, também, em contrastes ortogonais. A validação do CNCPS 4.0 foi feita por meio da análise dos modelos de regressão dos valores observados x preditos.

Para se desenvolver a fase 4 foram utilizados dados de desempenho produtivo das vacas arraçadas com as cinco modalidades de ração da fase 1, bem como informações e relatos das fases 1 e 2. Com base nas análises de preços e utilização dos recursos (operacionais e fixos) da Unidade de Ensino e Produção do CEFET – Bambuí, determinaram-se a renda bruta, o equivalente produzido em leite, o custo operacional efetivo, o custo operacional total e o custo total da produção de leite. Desses valores, geraram-se o custo médio do leite e os lucros. A fim de analisar a sensibilidade do retorno sobre o capital investido, neste sistema, com ração à base de cana/CPDR, simularam-se diferentes cenários de produtividade da cana e preços do farelo de soja e milho, assim como da variação percentual dos custos de produção da soja e do milho. Analisaram-se também, para as cinco modalidades de ração, cenários de preços e variações percentuais da escala de produção do leite.

Concluiu-se que:

- A ração à base de silagem de milho, comparada com as demais, não apresentou diferença nos consumos de matéria seca e carboidrato e, por conseguinte, na produção de leite, com a mesma concentração de proteína e sólidos totais.

- A ração à base de silagem de capim-elefante, comparada à cana, possibilitou produzir leite com melhor eficiência e com maior teor de gordura.

- A suplementação da silagem de capim-elefante com concentrado, acrescida de farinha de peixe e farelo de glúten de milho em relação ao farelo de soja e uréia, proporcionou maior produção de leite com menor teor de gordura e conversão alimentar. Com relação à cana, ocorreu redução no consumo de matéria seca, sem provocar alterações na produção e composição química do leite.

- A fração B₂ de carboidrato da cana, em relação à da silagem de capim-elefante, apresentou digestão aparente baixa e não foi alterada pelo consumo e nem pela inclusão de fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal.

– A energia líquida do leite e a eficiência energética bruta na utilização da energia metabolizável aparente das rações, em leite, não foram alteradas pela mudança de volumoso e nem pela substituição das fontes de proteína de alta para baixa degradabilidade ruminal.

– As estimativas das concentrações de energia líquida (manutenção e produção) das silagens de milho, capim-elefante e cana, com base em estimadores, foram de baixa acurácia.

– Os níveis energéticos e protéicos das rações estudadas não tiveram influência sobre os teores sanguíneos de glicose e creatinina.

– O teor de N-uréia do leite pode ser referencial para o ajuste das concentrações de proteína e proteína degradada no rúmen de rações, com níveis de proteína bruta variando de 10 a 12%.

– O CNCPS 4.0 apresentou-se confiável na estimação do consumo de matéria seca, dos indigeríveis da ração (proteína, carboidrato, gordura e cinzas) e do volumoso (frações C de proteína e carboidrato), dos teores de nutrientes digeríveis totais aparentes da ração e do N-uréia do leite.

– Todos os tratamentos foram viáveis, com taxas de retorno sobre capital investido superiores a 6% ao ano. Todavia, o tratamento de melhor desempenho econômico foi o da silagem de capim-elefante suplementada com concentrado acrescido de fontes protéicas de baixa degradabilidade ruminal.

APÊNDICES

APÊNDICE A

1- Obtenção do concentrado convencional

1.1 Resumo do resultado da simulação pelo CNCPS 4.0 (Nível 2 de solução)

Exigências	EM Mcal/dia	PM g/dia	MET g/dia	LIS g/dia	CA g/dia	P g/dia	K g/dia
Mantença	14,54	716	14	44	12	14	36
Gestação	0,00	0	0	0	0	0	0
Lactação	21,45	789	14	48	20	18	32
Crescimento	0,00	0	0	0	0	0	0
Exigência líquida	35,99	1505	28	92	32	32	68
Total de exigências	35,99	1505	28	92	99	56	85
Total suprido	37,58	1370	30	93	109	44	183
Balanço	1,59	-134	2	1	9	-12	99

Custos do Alimento	Desempenho Animal
Custo por animal/dia:	CMS – atual: 16,8 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de leite/dia:	CMS – predito: 14,2 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de EM disponível para leite/dia:	Produção de leite: 19,8 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de PM disponível para leite/dia:	EM disponível para leite: 21,3 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de AA disponível para leite/dia:	PM disponível para leite: 16,4 (kg/dia)
Renda sobre o custo do alimento, em cb/dia:	MET disponível para leite: 22,7 (kg/dia)
	LIS disponível para leite: 20,2 (kg/dia)
	Dias para ganhar 1 escore de condição: 4011477
	Variação do PV devido às reservas: 0,2 (kg/dia)

Concentrações na Ração	Valores Ruminal
MS: 38%	PM da bactéria: 976 (g/dia)
NDT: 70 (%MS)	PM do alimento não-degradado: 394 (g/dia)
EM: 2,24 (Mcal/kg MS)	Balanço de peptídio: -31 (g/dia)
EL _m : 1,44 (Mcal/kg MS)	% do balanço de peptídio: 76 (% do exigido)
ELI: 1,44 (Mcal/kg MS)	Balanço de N ruminal: 27 (g/dia)
PB: 10,7 (%MS)	% do balanço de N ruminal: 110 (% do exigido)
Proteína solúvel: 43%	% de redução na digestão de CF: 0 (%)
PDR: 71%	pH ruminal predito: 6,46
FDN: 44,7 (%MS)	Excesso de N excretado: 27 (g/dia)
EFDN: 35 (%MS)	N-uréia do leite predito: 11 (mg/dL)
Balanço efetivo de FDN: 2,5 (kg/dia)	Custo da uréia: 0,11 (Mcal/dia)
Total de forragem na ração: 78 (% MS)	
Total de CNF: 35%	
Ca: 0,65 (%)	
P: 0,26 (%)	
DCAB1 (simples): 166 meq/kg	
DCAB2 (complexo): 188 meq/kg	

Ração de Aminoácidos

	Rulquin		Schwab	
	Suprido	Exigido	Suprido	Exigido
Metionina	2,1%	2,1%	4,6%	5,5%
Lisina	6,7%	> 6,5%	14,6%	16,0%

Resumo de Dados do Animal	Resumo de Dados do Ambiente
Tipo de animal: vaca leiteira em lactação	Temperatura prévia: 21,0 °C
Idade: 72 meses	Temperatura corrente: 21,0 °C
Peso de corpo escurrido: 514 (kg)	Umidade: 74%
Peso adulto: 514 (kg)	Velocidade do vento: 5,00 (kph)
Escore de condição: (1-5) 3,0	Tipo do abrigo: pequenas baias livres (< 200 vacas)
Produção de leite: 19,8 (kg/dia)	
Dias em gestação: 0	
Ordem de lactação: 4	
Dias em lactação: 38	

Resumo da Ração

Alimento	MS (kg/dia)	MN (kg/dia)
Gordura	0,200	0,202
Bovigold	0,131	0,131
Sal comum	0,083	0,083
Calcário	0,054	0,054
Silagem de milho	13,000	39,394
Fubá de milho	2,400	2,727
Farelo de soja	0,900	1,000

Resumo do Concentrado Convencional

Ingredientes	% Ração	Componentes	% MS
Fubá de milho	64,600	PB	18,298
Farelo de soja	24,600	NDT	82,640
Sebo	4,700	FDN	9,479
Sal mineral	6,100	EE	8,006
		Cinza	8,683
		PNDR	5,301
		Psol	4,941
		CNF	55,534

Predição da relação silagem de milho:concentrado convencional = 78:22.

2- Obtenção dos concentrados PDR e PNDR

2.1 Resumo do resultado da simulação pelo CNCPS 4.0 (Nível 2 de solução)

Exigências	EM Mcal/dia	PM g/dia	MET g/dia	LIS g/dia	CA g/dia	P g/dia	K g/dia
Mantença	14,66	647	12	40	12	14	36
Gestação	0,00	0	0	0	0	0	0
Lactação	21,45	789	14	48	20	18	32
Crescimento	0,00	0	0	0	0	0	0
Exigência líquida	36,10	1436	26	87	32	32	68
Total de exigências	36,10	1436	26	87	98	56	85
Total suprido	37,91	1498	32	101	68	41	196
Balanço	1,81	63	5	13	-30	-15	111

Custos do Alimento	Desempenho Animal
Custo por animal/dia:	CMS – atual: 15,7 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de leite/dia:	CMS – predito: 14,2 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de EM disponível para leite/dia:	Produção de leite: 19,8 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de PM disponível para leite/dia:	EM disponível para leite: 21,5 (kg/dia)
Custo por 100 (kg) de AA disponível para leite/dia:	PM disponível para leite: 21,4 (kg/dia)
Renda sobre o custo do alimento, em cb/dia:	MET disponível para leite: 27,6 (kg/dia)
	LIS disponível para leite: 25,4 (kg/dia)
	Dias para ganhar 1 escore de condição: 3528892
	Variação do PV devido às reservas: 0,2 (kg/dia)

Concentrações na Ração	Valores Ruminal
MS: 37%	PM da bactéria: 1034 (g/dia)
NDT: 74 (%MS)	PM do alimento não-degradado: 464 (g/dia)
EM: 2,41 (Mcal/kg MS)	Balanço de peptídio: -31 (g/dia)
EL _m : 1,55 (Mcal/kg MS)	% do balanço de peptídio: 80 (% do exigido)
ELI: 1,55 (Mcal/kg MS)	Balanço de N ruminal: -21 (g/dia)
PB: 11,5 (%MS)	% do balanço de N ruminal: 93 (% do exigido)
Proteína solúvel: 39%	% de redução na digestão de CF: 7 (%)
PDR: 69%	pH ruminal predito: 6,46
FDN: 42,4 (%MS)	Excesso de N excretado: -11 (g/dia)
eFDN: 29 (%MS)	N-uréia do leite predito: 8 (mg/dL)
Balanço efetivo de FDN: 1,5 (kg/dia)	Custo da uréia: 0,11 (Mcal/dia)
Total de forragem na ração: 59 (%MS)	
Total de CNF: 40%	
Ca: 0,43 (%)	
P: 0,26 (%)	
DCAB1 (simples): 257 meq/kg	
DCAB2 (complexo): 231 meq/kg	

Ração de Aminoácidos

	Rulquin		Schwab	
	Suprido	Exigido	Suprido	Exigido
Metionina	2,1%	2,1%	4,6%	5,5%
Lisina	6,7%	> 6,5%	14,6%	16,0%

Resumo de Dados do Animal	Resumo de Dados do Ambiente
Tipo de animal: vaca leiteira em lactação	Temperatura prévia: 21,0 °C
Idade: 72 meses	Temperatura corrente: 21,0 °C
Peso de corpo escurrido: 514 (kg)	Umidade: 74%
Peso adulto: 514 (kg)	Velocidade do vento: 5,00 (kph)
Escore de condição: (1-5) 3,0	Tipo do abrigo: pequenas baías livres (< 200 vacas)
Produção de leite: 19,8 (kg/dia)	
Dias em gestação: 0	
Ordem de lactação: 4	
Dias em lactação: 38	

Resumo da Ração

Alimento	MS (kg/dia)	MN (kg/dia)
Gordura	0,200	0,202
Uréia	0,070	0,070
Bovigold	0,039	0,039
Puramix	0,005	0,005
Sal comum	0,083	0,083
Calcário	0,026	0,026
Capim-elefante	4,650	19,538
Cana-de-açúcar	4,650	15,657
Fubá de milho	4,800	5,455
Farelo de soja	1,200	1,333

Resumo dos Concentrados PDR e PNDR

Ingredientes	% Ração		Componentes	% MS	
	PDR	PNDR		PDR	PNDR
Fubá de milho	75,000	68,500	PB	19,096	19,994
Farelo de soja	19,000	0,000	NDT	84,315	82,995
Uréia	1,000	0,000	FDN	9,581	8,251
Sebo	3,000	2,900	EE	6,638	7,486
Sal mineral	2,000	2,200	Cinza	4,397	6,136
Farinha de peixe	0,000	12,000	PNDR	5,141	11,340
Farelo de glutens	0,000	8,600	Psol	4,067	2,781
MDPS	0,000	5,800	CNF	60,288	58,133

Predição das relações:

Capim-elefante com 21% de fubá:concentrado = 76:24.

Cana:concentrado = 60:40.

APÊNDICE B

Quadro 1B – Consumos de matéria seca da ração (MSR), matéria seca do volumoso (MSV), matéria seca do concentrado (MSC), FDN da ração (FDN_{Ração}), volumoso (FDN_{vol}) e indigerível (FDN_i), em g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹

OL	L	C	Trat	MSR	MSV	MSC	FDN _{Ração}	FDN _{vol}	FDN _i
1	1	1	2	28,87	17,32	11,55	11,65	10,59	4,87
1	1	2	3	24,45	14,67	9,78	9,86	8,97	4,13
1	1	3	5	21,48	12,89	8,59	6,59	5,88	3,04
1	1	4	1	21,45	12,87	8,58	8,57	7,80	2,64
1	1	5	4	24,89	14,94	9,96	7,58	6,81	3,47
1	2	1	3	24,80	14,88	9,92	10,02	9,09	4,20
1	2	2	5	16,38	9,83	6,55	5,03	4,48	2,32
1	2	3	1	31,14	18,68	12,46	12,42	11,33	3,82
1	2	4	4	26,42	15,85	10,57	8,07	7,23	3,69
1	2	5	2	24,70	14,82	9,88	9,98	9,06	4,18
1	3	1	5	22,45	13,47	8,98	6,88	6,14	3,17
1	3	2	1	22,83	13,70	9,13	9,12	8,30	2,81
1	3	3	4	31,05	18,63	12,42	9,52	8,49	4,36
1	3	4	2	24,31	14,59	9,72	9,85	8,92	4,12
1	3	5	3	26,59	15,95	10,63	10,75	9,75	4,51
1	4	1	1	23,54	14,12	9,42	9,42	8,56	2,90
1	4	2	4	17,08	10,25	6,83	5,21	4,67	2,39
1	4	3	2	30,40	18,24	12,16	12,26	11,15	5,13
1	4	4	3	23,81	14,29	9,52	9,56	8,73	4,01
1	4	5	5	22,59	13,56	9,04	6,92	6,18	3,19
1	5	1	4	31,04	18,62	12,42	9,47	8,49	4,35
1	5	2	2	24,46	14,67	9,78	9,90	8,97	4,14
1	5	3	3	33,71	20,23	13,48	13,58	12,36	5,70
1	5	4	5	20,71	12,42	8,28	6,35	5,66	2,93
1	5	5	1	27,14	16,29	10,86	9,90	9,87	3,06
2	1	1	2	21,70	13,02	8,68	8,78	7,96	3,67
2	1	2	3	28,56	17,14	11,43	11,49	10,47	4,80
2	1	3	5	23,11	13,87	9,24	7,09	6,32	3,27
2	1	4	1	22,72	13,63	9,09	9,10	8,26	2,80
2	1	5	4	22,82	13,69	9,13	6,97	6,24	3,19
2	2	1	3	21,13	12,68	8,45	8,52	7,75	3,57
2	2	2	5	21,08	12,65	8,43	6,42	5,77	2,96
2	2	3	1	25,08	15,05	10,03	10,04	9,12	3,09
2	2	4	4	19,52	11,71	7,81	5,99	5,34	2,74
2	2	5	2	23,32	13,99	9,33	9,42	8,55	3,94
2	3	1	5	19,90	11,94	7,96	6,08	5,44	2,80
2	3	2	1	28,33	17,00	11,33	11,30	10,30	3,48
2	3	3	4	26,62	15,97	10,65	8,14	7,28	3,72
2	3	4	2	25,20	15,12	10,08	10,22	9,24	4,28
2	3	5	3	27,82	16,69	11,13	11,23	10,20	4,71
2	4	1	1	20,76	12,46	8,30	8,31	7,55	2,56
2	4	2	4	31,99	19,20	12,80	9,79	8,75	4,48
2	4	3	2	28,44	17,06	11,37	11,47	10,43	4,80
2	4	4	3	26,71	16,02	10,68	10,73	9,79	4,50
2	4	5	5	21,03	12,62	8,41	6,44	5,75	2,97
2	5	1	4	26,00	15,60	10,40	7,95	7,11	3,64
2	5	2	2	29,43	17,66	11,77	11,89	10,79	4,97
2	5	3	3	25,60	15,36	10,24	10,40	9,39	4,34
2	5	4	5	21,56	12,94	8,62	6,58	5,90	3,03
2	5	5	1	25,59	15,35	10,24	10,22	9,31	3,14

Quadro 2B – Consumos de proteína bruta (PB) e frações (A, B₁, B₂, B₃ e C), em g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹

QL	L	C	Trat	PB	A	B ₁	B ₂	B ₃	C
1	1	1	2	3,93	1,28	0,39	1,85	0,17	0,24
1	1	2	3	3,40	0,71	0,26	2,07	0,16	0,19
1	1	3	5	2,24	0,19	0,15	1,71	0,12	0,08
1	1	4	1	2,12	0,72	0,11	1,02	0,15	0,12
1	1	5	4	2,51	0,56	0,24	1,49	0,12	0,10
1	2	1	3	3,45	0,72	0,27	2,10	0,17	0,20
1	2	2	5	1,71	0,14	0,11	1,31	0,09	0,06
1	2	3	1	3,08	1,05	0,16	1,48	0,21	0,17
1	2	4	4	2,67	0,59	0,26	1,59	0,13	0,10
1	2	5	2	3,37	1,10	0,33	1,59	0,15	0,20
1	3	1	5	2,34	0,19	0,16	1,79	0,12	0,08
1	3	2	1	2,26	0,77	0,12	1,08	0,16	0,13
1	3	3	4	3,15	0,70	0,31	1,87	0,15	0,12
1	3	4	2	3,32	1,08	0,33	1,57	0,15	0,20
1	3	5	3	3,70	0,77	0,28	2,26	0,18	0,21
1	4	1	1	2,33	0,79	0,12	1,12	0,16	0,13
1	4	2	4	1,73	0,38	0,17	1,02	0,08	0,07
1	4	3	2	4,14	1,34	0,41	1,95	0,18	0,25
1	4	4	3	3,29	0,69	0,25	2,01	0,16	0,19
1	4	5	5	2,35	0,20	0,16	1,80	0,12	0,08
1	5	1	4	3,13	0,69	0,31	1,86	0,15	0,12
1	5	2	2	3,35	1,09	0,33	1,58	0,15	0,20
1	5	3	3	4,68	0,98	0,36	2,85	0,22	0,27
1	5	4	5	2,16	0,18	0,14	1,65	0,11	0,07
1	5	5	1	2,68	0,91	0,14	1,29	0,19	0,15
2	1	1	2	2,96	0,96	0,29	1,40	0,13	0,18
2	1	2	3	3,94	0,83	0,30	2,41	0,19	0,21
2	1	3	5	2,41	0,20	0,16	1,84	0,12	0,08
2	1	4	1	2,25	0,77	0,12	1,08	0,16	0,13
2	1	5	4	2,30	0,51	0,22	1,37	0,11	0,09
2	2	1	3	2,94	0,61	0,23	1,79	0,14	0,17
2	2	2	5	2,19	0,18	0,15	1,67	0,11	0,08
2	2	3	1	2,49	0,85	0,13	1,19	0,17	0,14
2	2	4	4	1,98	0,44	0,19	1,18	0,09	0,08
2	2	5	2	3,18	1,03	0,32	1,50	0,14	0,19
2	3	1	5	2,07	0,17	0,14	1,58	0,11	0,07
2	3	2	1	2,80	0,95	0,15	1,34	0,19	0,16
2	3	3	4	2,69	0,60	0,26	1,60	0,13	0,10
2	3	4	2	3,45	1,12	0,34	1,63	0,15	0,21
2	3	5	3	3,87	0,81	0,30	2,36	0,19	0,22
2	4	1	1	2,06	0,70	0,11	0,99	0,14	0,12
2	4	2	4	3,24	0,72	0,32	1,93	0,15	0,13
2	4	3	2	3,87	1,25	0,38	1,83	0,17	0,24
2	4	4	3	3,68	0,77	0,28	2,25	0,18	0,20
2	4	5	5	2,19	0,18	0,15	1,67	0,11	0,08
2	5	1	4	2,63	0,58	0,26	1,56	0,12	0,10
2	5	2	2	4,01	1,30	0,40	1,89	0,18	0,24
2	5	3	3	3,56	0,74	0,27	2,17	0,17	0,20
2	5	4	5	2,24	0,19	0,15	1,71	0,12	0,08
2	5	5	1	2,53	0,86	0,13	1,22	0,18	0,14

Quadro 3B – Consumos de carboidrato total (CHOT) e frações (A, B₁, B₂ e C), em g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹

QL	L	C	Trat	CHOT	A	B ₁	B ₂	C
1	1	1	2	21,62	0,16	10,31	6,39	4,76
1	1	2	3	17,83	0,11	8,31	5,35	4,06
1	1	3	5	17,78	6,68	4,94	3,17	2,99
1	1	4	1	17,42	1,43	7,95	5,46	2,58
1	1	5	4	20,97	7,71	6,13	3,72	3,42
1	2	1	3	18,12	0,11	8,44	5,43	4,13
1	2	2	5	13,57	5,10	3,77	2,42	2,28
1	2	3	1	25,26	2,08	11,53	7,91	3,74
1	2	4	4	22,32	8,20	6,52	3,96	3,63
1	2	5	2	18,54	0,14	8,84	5,48	4,08
1	3	1	5	18,57	6,97	5,16	3,31	3,12
1	3	2	1	18,55	1,53	8,47	5,81	2,75
1	3	3	4	26,33	9,67	7,70	4,67	4,29
1	3	4	2	18,30	0,14	8,73	5,41	4,03
1	3	5	3	19,43	0,12	9,05	5,83	4,43
1	4	1	1	19,16	1,58	8,74	6,00	2,84
1	4	2	4	14,42	5,30	4,22	2,56	2,35
1	4	3	2	22,77	0,17	10,86	6,73	5,01
1	4	4	3	17,30	0,11	8,07	5,19	3,94
1	4	5	5	18,66	7,01	5,19	3,33	3,14
1	5	1	4	26,19	9,62	7,65	4,65	4,27
1	5	2	2	18,43	0,14	8,78	5,45	4,06
1	5	3	3	24,58	0,15	11,46	7,37	5,60
1	5	4	5	17,13	6,43	4,76	3,05	2,88
1	5	5	1	21,98	1,81	10,03	6,89	3,26
2	1	1	2	16,30	0,12	7,77	4,82	3,59
2	1	2	3	20,78	0,13	9,68	6,23	4,74
2	1	3	5	19,13	7,18	5,32	3,41	3,21
2	1	4	1	18,52	1,52	8,45	5,80	2,74
2	1	5	4	19,26	7,08	5,63	3,42	3,14
2	2	1	3	15,41	0,10	7,19	4,62	3,51
2	2	2	5	17,33	6,51	4,82	3,09	2,91
2	2	3	1	20,43	1,68	9,32	6,40	3,03
2	2	4	4	16,57	6,09	4,84	2,94	2,70
2	2	5	2	17,50	0,13	8,34	5,17	3,86
2	3	1	5	16,41	6,16	4,56	2,92	2,76
2	3	2	1	22,99	1,89	10,49	7,20	3,41
2	3	3	4	22,51	8,27	6,58	3,99	3,67
2	3	4	2	18,98	0,14	9,06	5,60	4,18
2	3	5	3	20,31	0,13	9,46	6,09	4,63
2	4	1	1	16,90	1,39	7,71	5,30	2,50
2	4	2	4	27,09	9,95	7,92	4,81	4,41
2	4	3	2	21,32	0,16	10,17	6,29	4,69
2	4	4	3	19,42	0,12	9,05	5,82	4,43
2	4	5	5	17,37	6,52	4,83	3,10	2,92
2	5	1	4	21,98	8,08	6,42	3,90	3,58
2	5	2	2	22,07	0,16	10,52	6,52	4,86
2	5	3	3	18,71	0,12	8,72	5,61	4,27
2	5	4	5	17,76	6,67	4,94	3,17	2,98
2	5	5	1	20,79	1,71	9,49	6,52	3,08

Quadro 4B – Degradação rumenal da proteína (PDR) e suas frações (PA, PB₁, PB₂ e PB₃) e do carboidrato (CDR) e suas frações (CA, CB₁ e CB₂), em g kg⁻¹ de matéria seca

QL	L	C	Trat	PDR	PA	PB ₁	PB ₂	PB ₃	CDR	CA	CB ₁	CB ₂
1	1	1	2	101,84	44,24	12,82	43,04	1,74	379,80	3,72	230,59	145,49
1	1	2	3	77,10	29,03	10,06	36,11	1,91	370,36	2,69	223,46	144,21
1	1	3	5	43,69	8,68	6,57	28,00	0,45	525,55	310,78	121,40	93,37
1	1	4	1	71,17	33,70	4,94	31,95	0,58	491,84	66,82	253,05	171,98
1	1	5	4	67,05	22,44	9,30	35,02	0,28	531,79	309,58	127,97	94,24
1	2	1	3	77,24	29,08	10,08	36,16	1,92	371,05	2,69	223,85	144,50
1	2	2	5	43,73	8,69	6,57	28,02	0,45	526,15	311,14	121,53	93,48
1	2	3	1	71,08	33,66	4,93	31,91	0,58	491,21	66,73	252,73	171,75
1	2	4	4	67,19	22,47	9,33	35,12	0,28	533,09	310,33	128,29	94,47
1	2	5	2	102,06	44,38	12,84	43,10	1,74	380,31	3,73	230,90	145,68
1	3	1	5	43,67	8,67	6,56	27,98	0,45	525,31	310,66	121,32	93,33
1	3	2	1	71,22	33,73	4,94	31,97	0,58	492,22	66,87	253,22	172,13
1	3	3	4	67,37	22,47	9,36	35,26	0,28	535,27	311,61	128,80	94,86
1	3	4	2	102,18	44,32	12,88	43,24	1,75	381,47	3,74	231,59	146,14
1	3	5	3	77,30	29,10	10,08	36,20	1,92	371,36	2,70	224,05	144,61
1	4	1	1	71,32	33,77	4,95	32,02	0,58	492,82	66,95	253,54	172,32
1	4	2	4	67,26	22,53	9,33	35,12	0,28	533,09	310,32	128,30	94,47
1	4	3	2	101,75	44,19	12,81	43,01	1,74	379,55	3,72	230,43	145,40
1	4	4	3	76,80	28,92	10,02	35,96	1,90	368,97	2,68	222,60	143,68
1	4	5	5	43,58	8,66	6,55	27,92	0,45	524,48	310,16	121,13	93,18
1	5	1	4	67,06	22,39	9,32	35,08	0,28	532,51	309,99	128,15	94,37
1	5	2	2	102,27	44,40	12,88	43,24	1,75	381,37	3,74	231,54	146,09
1	5	3	3	77,09	29,02	10,06	36,10	1,91	370,31	2,69	223,41	144,21
1	5	4	5	43,65	8,67	6,56	27,96	0,45	525,26	310,61	121,33	93,32
1	5	5	1	70,97	33,61	4,92	31,86	0,58	490,44	66,63	252,32	171,49
2	1	1	2	101,97	44,24	12,85	43,14	1,74	380,66	3,73	231,10	145,83
2	1	2	3	76,92	28,96	10,03	36,02	1,91	369,50	2,68	222,92	143,90
2	1	3	5	43,68	8,68	6,57	27,99	0,45	525,52	310,75	121,41	93,36
2	1	4	1	71,43	33,83	4,95	32,06	0,59	493,67	67,07	253,97	172,62
2	1	5	4	67,03	22,35	9,32	35,08	0,28	532,67	310,09	128,19	94,40
2	2	1	3	77,12	29,03	10,06	36,12	1,91	370,39	2,69	223,48	144,22
2	2	2	5	43,38	8,62	6,52	27,79	0,45	522,09	308,75	120,58	92,76
2	2	3	1	71,40	33,80	4,95	32,06	0,59	493,28	67,02	253,78	172,49
2	2	4	4	67,51	22,58	9,37	35,28	0,28	535,78	311,89	128,94	94,95
2	2	5	2	101,82	44,14	12,84	43,10	1,74	380,29	3,73	230,88	145,68
2	3	1	5	43,52	8,65	6,54	27,89	0,45	523,58	309,62	120,94	93,02
2	3	2	1	71,12	33,68	4,93	31,93	0,58	491,47	66,77	252,85	171,85
2	3	3	4	67,15	22,38	9,34	35,16	0,28	533,67	310,66	128,43	94,57
2	3	4	2	102,25	44,32	12,89	43,29	1,75	381,85	3,74	231,83	146,28
2	3	5	3	77,18	29,05	10,07	36,15	1,91	370,78	2,70	223,73	144,36
2	4	1	1	71,34	33,78	4,95	32,03	0,58	492,95	66,97	253,62	172,36
2	4	2	4	67,30	22,46	9,35	35,21	0,28	534,44	311,12	128,61	94,71
2	4	3	2	101,68	44,09	12,82	43,03	1,74	379,71	3,72	230,53	145,46
2	4	4	3	76,87	28,94	10,03	36,00	1,91	369,25	2,68	222,77	143,80
2	4	5	5	43,60	8,66	6,55	27,94	0,45	524,46	310,16	121,12	93,18
2	5	1	4	67,16	22,41	9,33	35,14	0,28	533,57	310,63	128,39	94,56
2	5	2	2	101,83	44,19	12,83	43,08	1,74	380,01	3,73	230,72	145,56
2	5	3	3	77,25	29,08	10,08	36,18	1,92	371,07	2,69	223,87	144,51
2	5	4	5	43,47	8,64	6,54	27,85	0,45	523,05	309,32	120,81	92,93
2	5	5	1	71,21	33,72	4,94	31,97	0,58	492,02	66,84	253,13	172,05

Quadro 5B – Escape rumenal da proteína (PNDR) e suas frações (PB₁, PB₂, PB₃ e PC) e do carboidrato (CNDR) e suas frações (CB₁, CB₂ e CC), em g kg⁻¹ de matéria seca

QL	L	C	Trat	PNDR	PB ₁	PB ₂	PB ₃	PC	CNDR	CB ₁	CB ₂	CC
1	1	1	2	34,43	0,72	21,15	4,29	8,27	371,48	140,23	68,88	162,36
1	1	2	3	61,96	0,61	48,54	4,76	7,95	361,09	129,86	67,45	163,52
1	1	3	5	60,74	0,43	51,79	4,92	3,60	302,04	108,80	54,15	139,10
1	1	4	1	27,70	0,27	15,53	6,29	5,61	320,39	117,57	82,52	120,30
1	1	5	4	33,74	0,54	24,83	4,46	3,91	310,85	118,29	55,33	137,24
1	2	1	3	62,07	0,61	48,62	4,76	7,97	361,78	130,09	67,58	163,85
1	2	2	5	60,77	0,43	51,81	4,93	3,60	302,38	108,91	54,21	139,26
1	2	3	1	27,67	0,27	15,51	6,28	5,60	319,98	117,43	82,41	120,14
1	2	4	4	33,82	0,54	24,90	4,47	3,92	311,61	118,58	55,46	137,57
1	2	5	2	34,47	0,72	21,18	4,29	8,28	371,97	140,43	68,98	162,57
1	3	1	5	60,71	0,43	51,76	4,92	3,60	301,90	108,73	54,12	139,04
1	3	2	1	27,72	0,27	15,54	6,29	5,61	320,62	117,62	82,59	120,41
1	3	3	4	33,96	0,54	24,99	4,49	3,93	312,88	119,06	55,69	138,13
1	3	4	2	34,58	0,72	21,25	4,31	8,30	373,10	140,83	69,19	163,09
1	3	5	3	62,00	0,61	48,64	4,77	7,97	361,82	130,22	67,63	163,97
1	4	1	1	27,76	0,27	15,56	6,30	5,62	321,02	117,79	82,69	120,54
1	4	2	4	33,83	0,54	24,90	4,47	3,92	311,62	118,59	55,46	137,57
1	4	3	2	34,40	0,72	21,14	4,28	8,26	371,23	140,13	68,84	162,26
1	4	4	3	61,69	0,61	48,32	4,74	7,92	359,73	129,36	67,19	162,92
1	4	5	5	60,58	0,43	51,64	4,91	3,59	301,42	108,57	54,04	138,82
1	5	1	4	33,79	0,54	24,87	4,47	3,91	311,28	118,46	55,40	137,42
1	5	2	2	34,59	0,72	21,26	4,31	8,30	373,00	140,81	69,17	163,02
1	5	3	3	61,94	0,61	48,52	4,75	7,95	361,04	129,83	67,44	163,52
1	5	4	5	60,67	0,43	51,73	4,92	3,60	301,88	108,74	54,12	139,02
1	5	5	1	27,62	0,27	15,49	6,27	5,59	319,47	117,22	82,29	119,96
2	1	1	2	34,51	0,72	21,20	4,30	8,29	372,31	140,54	69,04	162,73
2	1	2	3	61,69	0,61	48,40	4,74	7,93	360,01	129,55	67,29	163,17
2	1	3	5	60,71	0,43	51,76	4,92	3,60	302,03	108,80	54,14	139,09
2	1	4	1	27,80	0,27	15,58	6,31	5,63	321,57	117,99	82,83	120,76
2	1	5	4	33,79	0,54	24,87	4,47	3,91	311,37	118,49	55,42	137,46
2	2	1	3	61,89	0,61	48,57	4,76	7,95	360,87	129,88	67,45	163,53
2	2	2	5	60,31	0,43	51,42	4,89	3,57	300,06	108,08	53,79	138,19
2	2	3	1	27,79	0,27	15,58	6,31	5,63	321,32	117,89	82,77	120,66
2	2	4	4	33,98	0,54	25,01	4,50	3,94	313,20	119,19	55,74	138,26
2	2	5	2	34,47	0,72	21,18	4,29	8,28	371,95	140,41	68,97	162,57
2	3	1	5	60,51	0,43	51,59	4,91	3,58	300,91	108,39	53,94	138,58
2	3	2	1	27,68	0,27	15,52	6,28	5,61	320,14	117,46	82,46	120,22
2	3	3	4	33,86	0,54	24,92	4,48	3,92	311,96	118,72	55,52	137,72
2	3	4	2	34,62	0,72	21,28	4,31	8,31	373,47	140,99	69,26	163,23
2	3	5	3	61,92	0,61	48,59	4,76	7,96	361,25	130,05	67,52	163,68
2	4	1	1	27,77	0,27	15,57	6,30	5,62	321,12	117,84	82,71	120,57
2	4	2	4	33,91	0,54	24,96	4,49	3,93	312,40	118,88	55,60	137,92
2	4	3	2	34,42	0,72	21,15	4,29	8,27	371,38	140,19	68,87	162,32
2	4	4	3	61,66	0,61	48,39	4,74	7,93	359,77	129,46	67,25	163,06
2	4	5	5	60,61	0,43	51,68	4,91	3,59	301,41	108,56	54,03	138,82
2	5	1	4	33,85	0,54	24,91	4,48	3,92	311,89	118,68	55,51	137,70
2	5	2	2	34,45	0,72	21,17	4,29	8,27	371,67	140,32	68,92	162,43
2	5	3	3	61,97	0,61	48,62	4,76	7,97	361,54	130,10	67,58	163,86
2	5	4	5	60,43	0,43	51,52	4,90	3,58	300,60	108,27	53,89	138,44
2	5	5	1	27,72	0,27	15,54	6,29	5,61	320,49	117,59	82,55	120,35

Quadro 6B – Digestões da matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína (FDN_{CP}), carboidrato não-fibroso (CNF), extrato etéreo (EE) e nutrientes digeríveis totais (NDT), em g kg⁻¹ de matéria seca

QL	L	C	Trat	MO	PB	FDN _{cp}	CNF	EE	NDT
1	1	1	2	579	55	181	325	22	611
1	1	2	3	595	67	191	312	23	622
1	1	3	5	550	45	45	449	10	562
1	1	4	1	575	58	184	315	18	598
1	1	5	4	621	59	85	470	15	647
1	2	1	3	588	73	165	324	25	617
1	2	2	5	630	59	80	476	14	646
1	2	3	1	571	54	142	355	20	597
1	2	4	4	514	46	27	437	12	536
1	2	5	2	579	66	136	357	24	614
1	3	1	5	652	58	109	466	18	674
1	3	2	1	615	53	193	345	23	644
1	3	3	4	595	49	59	479	15	621
1	3	4	2	591	65	174	328	29	631
1	3	5	3	602	70	191	312	29	637
1	4	1	1	638	54	189	371	25	669
1	4	2	4	691	71	130	482	15	717
1	4	3	2	562	61	138	340	26	599
1	4	4	3	575	66	176	306	26	606
1	4	5	5	686	68	131	469	18	707
1	5	1	4	634	59	87	480	15	660
1	5	2	2	638	78	192	345	27	676
1	5	3	3	599	74	169	330	26	631
1	5	4	5	632	62	99	457	13	648
1	5	5	1	621	58	203	337	23	650
2	1	1	2	530	62	125	324	23	563
2	1	2	3	590	74	164	326	25	621
2	1	3	5	553	49	77	416	10	564
2	1	4	1	558	50	175	320	13	573
2	1	5	4	638	61	84	490	11	660
2	2	1	3	561	68	148	318	26	593
2	2	2	5	600	57	81	446	15	617
2	2	3	1	508	44	149	297	18	530
2	2	4	4	679	71	100	500	15	705
2	2	5	2	583	72	145	349	21	614
2	3	1	5	645	66	108	469	19	685
2	3	2	1	636	60	198	352	25	668
2	3	3	4	592	57	111	415	15	617
2	3	4	2	598	68	173	334	27	635
2	3	5	3	559	60	154	316	27	593
2	4	1	1	623	50	193	357	23	652
2	4	2	4	582	52	69	456	11	603
2	4	3	2	563	71	161	331	22	614
2	4	4	3	576	65	165	320	26	607
2	4	5	5	617	54	103	450	9	627
2	5	1	4	635	50	101	475	16	661
2	5	2	2	567	60	155	330	26	604
2	5	3	3	558	61	149	322	25	588
2	5	4	5	624	51	103	456	12	638
2	5	5	1	569	51	211	288	20	594

Quadro 7B – Digestões da matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro livre de cinza e proteína (FDN_{CP}), carboidrato não-fibroso (CNF), extrato etéreo (EE) e nutrientes digeríveis totais (NDT), em g kg⁻¹ de peso vivo dia⁻¹

QL	L	C	Trat	MO	PB	FDN _{cp}	CNF	EE	NDT
1	1	1	2	16,72	1,59	5,21	9,39	0,64	17,64
1	1	2	3	14,53	1,64	4,67	7,64	0,57	15,21
1	1	3	5	11,82	0,96	0,97	9,65	0,22	12,07
1	1	4	1	12,34	1,25	3,94	6,76	0,39	12,82
1	1	5	4	15,47	1,47	2,11	11,69	0,37	16,10
1	2	1	3	14,57	1,80	4,09	8,04	0,61	15,30
1	2	2	5	10,31	0,97	1,30	7,79	0,23	10,58
1	2	3	1	17,79	1,67	4,43	11,06	0,63	18,59
1	2	4	4	13,59	1,21	0,71	11,55	0,31	14,16
1	2	5	2	14,31	1,63	3,37	8,81	0,60	15,17
1	3	1	5	14,63	1,30	2,45	10,45	0,41	15,13
1	3	2	1	14,04	1,22	4,41	7,88	0,53	14,70
1	3	3	4	18,48	1,53	1,82	14,87	0,47	19,28
1	3	4	2	14,37	1,58	4,23	7,97	0,69	15,34
1	3	5	3	16,01	1,87	5,07	8,29	0,77	16,94
1	4	1	1	15,03	1,28	4,44	8,72	0,58	15,75
1	4	2	4	11,80	1,20	2,22	8,23	0,25	12,24
1	4	3	2	17,08	1,86	4,20	10,34	0,80	18,21
1	4	4	3	13,69	1,57	4,19	7,29	0,61	14,43
1	4	5	5	15,50	1,53	2,96	10,59	0,41	15,97
1	5	1	4	19,68	1,82	2,69	14,91	0,48	20,49
1	5	2	2	15,60	1,91	4,69	8,43	0,66	16,53
1	5	3	3	20,21	2,49	5,69	11,12	0,87	21,27
1	5	4	5	13,09	1,28	2,04	9,47	0,27	13,42
1	5	5	1	16,86	1,58	5,51	9,15	0,62	17,64
2	1	1	2	11,50	1,34	2,72	7,02	0,51	12,22
2	1	2	3	16,86	2,11	4,68	9,32	0,72	17,74
2	1	3	5	12,78	1,12	1,79	9,62	0,23	13,03
2	1	4	1	12,67	1,14	3,98	7,27	0,29	13,02
2	1	5	4	14,57	1,39	1,91	11,17	0,26	15,06
2	2	1	3	11,86	1,43	3,14	6,71	0,55	12,53
2	2	2	5	12,64	1,20	1,70	9,40	0,31	13,00
2	2	3	1	12,73	1,11	3,73	7,45	0,45	13,29
2	2	4	4	13,26	1,38	1,95	9,76	0,30	13,76
2	2	5	2	13,59	1,68	3,38	8,13	0,50	14,32
2	3	1	5	12,84	1,32	2,14	9,33	0,37	13,63
2	3	2	1	18,01	1,70	5,62	9,97	0,72	18,92
2	3	3	4	15,75	1,52	2,96	11,05	0,40	16,42
2	3	4	2	15,06	1,71	4,36	8,43	0,67	16,00
2	3	5	3	15,56	1,68	4,30	8,79	0,76	16,50
2	4	1	1	12,94	1,04	4,01	7,41	0,48	13,54
2	4	2	4	18,60	1,67	2,20	14,60	0,36	19,29
2	4	3	2	16,00	2,01	4,59	9,42	0,63	17,46
2	4	4	3	15,39	1,74	4,40	8,54	0,68	16,21
2	4	5	5	12,98	1,14	2,16	9,47	0,19	13,18
2	5	1	4	16,50	1,30	2,62	12,35	0,41	17,19
2	5	2	2	16,70	1,78	4,57	9,70	0,77	17,78
2	5	3	3	14,27	1,56	3,80	8,23	0,65	15,05
2	5	4	5	13,45	1,11	2,23	9,83	0,26	13,76
2	5	5	1	14,57	1,30	5,39	7,38	0,51	15,20

Quadro 8B – Produção de leite (PL), em kg dia⁻¹, concentração (C) e produção (P) de gordura (g), proteína bruta (PB) e sólidos totais (ST) do leite, em g kg⁻¹ de leite e g dia⁻¹, respectivamente

QL	L	C	Trat	PL	Cg	CPB	CST	Pg	PPB	PST
1	1	1	2	17,44	36	28	107	633	488	1863
1	1	2	3	23,13	36	26	123	842	594	2836
1	1	3	5	20,97	38	27	123	801	560	2569
1	1	4	1	17,43	40	31	129	697	535	2240
1	1	5	4	17,01	34	24	122	578	410	2070
1	2	1	3	18,97	32	26	119	598	489	2250
1	2	2	5	13,36	37	27	120	492	365	1597
1	2	3	1	20,23	35	27	121	698	552	2438
1	2	4	4	15,20	38	30	129	582	453	1965
1	2	5	2	14,60	35	24	119	504	345	1739
1	3	1	5	15,63	32	28	123	497	433	1922
1	3	2	1	15,63	34	27	126	531	422	1963
1	3	3	4	18,60	34	29	125	632	534	2332
1	3	4	2	13,20	49	28	138	647	366	1827
1	3	5	3	16,46	34	25	123	556	415	2018
1	4	1	1	17,23	32	28	119	543	474	2057
1	4	2	4	13,76	36	29	128	493	396	1754
1	4	3	2	18,84	38	26	129	707	488	2423
1	4	4	3	15,00	44	34	136	660	506	2036
1	4	5	5	13,93	34	27	123	478	380	1719
1	5	1	4	18,30	29	29	122	536	527	2231
1	5	2	2	11,46	46	31	138	531	355	1581
1	5	3	3	21,11	43	27	137	914	574	2896
1	5	4	5	12,60	42	29	136	533	360	1711
1	5	5	1	12,51	35	25	127	438	315	1594
2	1	1	2	15,44	37	32	124	577	489	1919
2	1	2	3	19,40	42	33	131	807	642	2539
2	1	3	5	16,07	31	26	109	505	413	1750
2	1	4	1	13,96	37	27	120	517	377	1677
2	1	5	4	14,64	32	28	114	471	411	1663
2	2	1	3	15,50	38	28	119	589	428	1838
2	2	2	5	15,20	40	28	129	608	426	1956
2	2	3	1	12,17	32	27	113	383	330	1373
2	2	4	4	9,76	39	29	122	379	286	1193
2	2	5	2	11,77	35	27	116	415	314	1364
2	3	1	5	12,50	36	28	128	448	354	1601
2	3	2	1	15,60	37	27	133	582	417	2072
2	3	3	4	11,47	38	25	123	436	290	1412
2	3	4	2	8,43	43	28	129	365	236	1089
2	3	5	3	13,10	35	24	121	459	320	1579
2	4	1	1	11,40	36	32	128	414	360	1461
2	4	2	4	16,00	40	34	127	640	538	2030
2	4	3	2	11,90	42	28	129	497	333	1540
2	4	4	3	9,23	42	28	129	386	258	1194
2	4	5	5	11,16	34	27	119	379	304	1326
2	5	1	4	9,70	39	31	133	373	305	1290
2	5	2	2	14,50	47	29	143	682	415	2068
2	5	3	3	12,06	42	26	127	504	314	1528
2	5	4	5	7,80	41	28	129	322	215	1005
2	5	5	1	10,87	35	25	122	380	275	1324

Quadro 9B – Energia bruta do leite (EL_l), em Mcal dia^{-1} , consumos, por kg de matéria seca, de $[El_{m+p}]$ do volumoso ($[El_{m+p}V]$), em Mcal, e nutrientes digeríveis totais (NDT), em gramas, e eficiência bruta para produção de leite da energia metabolizável aparente consumida (K_l), em %

QL	L	C	Trat	EL_l	$[El_{m+p}V]$	NDT	K_l
1	1	1	2	11,27	0,93	427,94	32,44
1	1	2	3	15,29	1,49	656,88	42,49
1	1	3	5	13,05	.	.	.
1	1	4	1	10,75	1,40	622,33	37,97
1	1	5	4	.	.	.	.
1	2	1	3	10,44	1,16	522,33	33,62
1	2	2	5	8,22	.	.	34,56
1	2	3	1	12,97	1,18	532,29	41,37
1	2	4	4	10,84	0,94	433,73	36,12
1	2	5	2	9,22	1,31	585,51	36,72
1	3	1	5	9,68	1,38	614,12	32,14
1	3	2	1	9,19	1,04	474,68	27,74
1	3	3	4	.	.	.	.
1	3	4	2	10,67	1,06	480,89	30,75
1	3	5	3	10,11	1,18	531,07	33,87
1	4	1	1	10,63	1,40	619,34	34,74
1	4	2	4	.	.	.	.
1	4	3	2	11,19	1,02	463,68	36,09
1	4	4	3	10,13	1,05	477,91	31,07
1	4	5	5	9,02	1,46	646,20	31,51
1	5	1	4	.	.	.	.
1	5	2	2	7,89	0,75	353,42	21,11
1	5	3	3	13,76	1,04	473,84	36,69
1	5	4	5	9,84	1,37	606,15	31,82
1	5	5	1	8,25	0,91	420,93	27,26
2	1	1	2	8,91	1,07	484,28	31,84
2	1	2	3	13,39	1,17	527,23	37,56
2	1	3	5	8,82	1,41	624,33	40,33
2	1	4	1	8,19	1,14	515,36	33,26
2	1	5	4	8,02	1,20	540,22	29,03
2	2	1	3	8,96	1,12	507,86	30,30
2	2	2	5	8,64	1,40	619,40	33,86
2	2	3	1	7,03	0,93	429,36	32,58
2	2	4	4	.	.	.	.
2	2	5	2	7,33	1,06	480,38	28,69
2	3	1	5	8,08	1,21	542,25	25,04
2	3	2	1	9,71	0,82	381,99	25,99
2	3	3	4	7,33	0,90	416,51	27,48
2	3	4	2	.	.	.	.
2	3	5	3	7,78	0,67	321,57	24,84
2	4	1	1	7,92	1,04	472,34	24,63
2	4	2	4	9,54	0,6	293,53	26,20
2	4	3	2	8,24	0,81	379,30	27,79
2	4	4	3	5,05	0,41	214,99	16,12
2	4	5	5	6,47	1,12	507,34	25,82
2	5	1	4	7,25	0,47	241,29	16,99
2	5	2	2	11,71	0,93	429,54	33,52
2	5	3	3	8,39	1,01	459,91	31,46
2	5	4	5	5,36	0,88	408,58	20,18
2	5	5	1	7,54	0,79	369,90	26,02

Quadro 10B – Tempo (T), em horas, concentração de nitrogênio amoniacal no fluido ruminal por tratamento, em mg dL⁻¹

T	SMC	SCE/CPDR	SCE/CPNDR	Cana/CPDR	Cana/CPNDR
0	8,48	9,16	10,85	6,44	5,77
0	6,44	8,82	7,80	6,44	5,09
2	7,46	12,55	11,19	5,43	4,41
2	4,75	15,94	8,82	7,46	5,77
4	5,43	8,82	9,50	8,48	5,09
4	4,75	9,16	15,60	8,14	8,14
6	7,80	10,85	11,19	4,75	4,07
6	5,09	8,82	8,82	4,75	9,84
8	9,50	8,82	10,51	8,82	6,78
8	12,55	7,80	7,46	6,44	3,39
10	5,09	7,12	12,21	5,43	3,05
10	4,41	8,14	5,43	2,71	3,73
12	6,10	7,80	22,38	3,39	2,37
12	5,09	18,65	9,84	3,39	3,73
14	5,09	.	7,12	4,07	2,71
14	3,39	5,09	6,44	3,05	2,03
16	2,71	10,17	11,87	2,71	2,37
16	3,73	5,09	4,75	3,39	1,36
18	3,39	10,85	15,26	3,39	2,37
18	3,73	13,57	12,89	2,71	1,36
20	6,78	.	14,92	2,37	8,14
20	10,51	21,37	15,60	9,16	10,17
22	8,14	.	16,28	3,05	5,77
22	2,03	16,62	16,28	5,09	3,05
24	11,53	11,87	33,58	13,57	7,80
24	12,55	22,38	6,78	.	19,33

Quadro 11B – Concentrações de metabólitos do sangue, da urina e do leite, em mg dL⁻¹

QL	L	C	Trat	Sangue			Urina	Leite
				N-uréia	Glicose	Creatinina	N-uréia	N-uréia
1	1	1	2	9,70	44,20	1,20	645,70	9,44
1	1	2	3	10,50	42,80	1,09	428,90	7,82
1	1	3	5	3,80	36,30	1,23	225,50	0,74
1	1	4	1	2,30	51,30	1,20	57,50	0,27
1	1	5	4	2,80	36,40	1,20	108,50	0,00
1	2	1	3	9,20	38,30	0,92	779,20	11,12
1	2	2	5	5,50	51,30	0,86	401,10	4,58
1	2	3	1	2,40	36,90	1,12	108,20	2,90
1	2	4	4	4,10	49,30	1,09	147,70	3,03
1	2	5	2	10,50	36,30	0,86	277,60	13,62
1	3	1	5	3,60	45,40	1,24	204,30	4,70
1	3	2	1	2,70	48,20	1,31	56,80	5,03
1	3	3	4	3,30	32,40	0,95	198,60	3,97
1	3	4	2	12,50	49,60	1,39	607,30	13,24
1	3	5	3	11,20	43,90	1,21	796,50	9,35
1	4	1	1	4,60	45,10	0,97	93,00	4,32
1	4	2	4	10,80	51,30	1,03	1357,20	10,34
1	4	3	2	15,50	34,40	1,09	471,60	8,63
1	4	4	3	10,90	52,70	1,03	385,20	5,80
1	4	5	5	2,90	37,80	1,09	66,40	0,00
1	5	1	4	4,20	42,00	1,21	111,20	6,00
1	5	2	2	12,40	49,00	1,06	369,00	9,24
1	5	3	3	12,30	38,00	0,91	205,60	10,32
1	5	4	5	3,40	53,00	1,52	128,90	3,68
1	5	5	1	2,20	36,60	1,10	44,50	1,01
2	1	1	2	12,30	49,30	1,27	579,30	7,62
2	1	2	3	10,60	36,90	1,13	298,50	3,24
2	1	3	5	3,40	40,30	0,98	77,40	1,41
2	1	4	1	3,80	38,00	1,21	108,30	0,00
2	1	5	4	4,70	39,40	1,12	227,70	0,87
2	2	1	3	8,90	44,50	0,93	795,80	10,18
2	2	2	5	2,70	42,00	0,82	286,50	2,76
2	2	3	1	1,20	46,80	0,92	40,70	1,49
2	2	4	4	3,70	47,30	0,74	1170,90	6,33
2	2	5	2	13,00	38,00	0,84	185,90	11,33
2	3	1	5	2,90	42,80	0,53	342,20	2,16
2	3	2	1	3,10	36,90	1,26	56,20	3,97
2	3	3	4	4,70	47,30	0,93	64,40	4,18
2	3	4	2	10,80	44,80	1,01	744,40	13,39
2	3	5	3	11,10	40,30	0,95	461,00	13,53
2	4	1	1	4,30	45,10	1,45	69,70	3,75
2	4	2	4	5,40	42,00	0,98	574,90	1,89
2	4	3	2	14,20	49,30	1,09	676,40	13,69
2	4	4	3	10,00	47,60	1,19	494,80	7,62
2	4	5	5	2,80	40,50	0,94	402,90	1,69
2	5	1	4	3,60	45,60	1,12	353,50	0,74
2	5	2	2	16,20	42,80	1,06	583,50	13,17
2	5	3	3	11,80	47,90	1,04	751,40	7,42
2	5	4	5	3,00	50,80	1,08	331,20	4,39
2	5	5	1	3,60	38,60	1,04	43,30	0,00

APÊNDICE C

Quadro 1C – Valores utilizados para validar o CNCPS 4.0 de indigerível da
ração ($I_{\text{ração}}$) e fibra em detergente neutro indigerível do volumoso
($\text{FDN}_{\text{i vol}}$) por tratamentos, em g kg^{-1} de peso vivo dia^{-1}

Tratamentos	$I_{\text{ração}}$	$\text{FDN}_{\text{i vol}}$
2	12,21	4,71
3	9,34	3,99
5	9,78	2,91
1	8,49	2,50
4	9,11	3,37
3	9,70	4,05
5	5,76	2,22
1	12,56	3,63
4	12,62	3,57
2	9,78	4,03
5	7,45	3,04
1	8,06	2,66
4	12,35	4,20
2	9,48	3,97
3	9,83	4,34
1	7,94	2,75
4	4,97	2,31
2	13,01	4,96
3	9,60	3,88
5	6,60	3,06
4	10,89	4,20
2	8,10	3,99
3	12,70	5,50
5	7,24	2,80
1	9,57	3,17
2	10,06	3,54
3	11,31	4,66
5	9,97	3,13
1	9,48	2,65
4	8,13	3,09
3	8,87	3,45
5	8,19	2,85
1	11,72	2,93
4	6,02	2,64
2	9,18	3,80
5	6,37	2,69
1	9,45	3,30
4	10,63	3,60
2	9,72	4,11
3	12,54	4,54
1	7,36	2,42
4	13,08	4,33
2	11,17	4,64
3	10,83	4,36
5	7,85	2,84
4	9,33	3,52
2	12,47	4,80
3	11,20	4,18
5	7,80	2,92
1	10,32	2,98

Quadro 2C – Fase experimental e estágio fisiológico das vacas com a respectiva ração

Vaca	Fase Experimental/Estágio Fisiológico																	
	1						2						3					
	Idade	Peso Vivo	Lactação			Ração ¹	Idade	Peso Vivo	Lactação			Ração	Idade	Peso Vivo	Lactação			Ração
	ms	kg	od	dias	kg		ms	kg	od	dias	kg		ms	kg	od	dias	kg	
1	102	536	5	45	24,2	2	102	545	5	66	19,0	3	102	519	5	87	15,6	5
2	134	633	7	45	23,1	3	134	606	7	66	13,4	5	134	605	7	87	15,6	1
3	68	487	3	31	21,0	5	68	458	3	52	20,2	1	68	446	3	73	18,6	4
4	101	606	5	71	17,4	1	101	590	5	92	15,2	4	101	607	5	113	13,2	2
5	41	463	2	47	17,0	4	41	443	2	68	14,6	2	41	469	2	89	16,5	3
6	57	627	3	70	15,4	2	57	642	3	91	15,5	3	57	621	3	112	12,5	5
7	49	537	2	72	19,4	3	49	535	2	93	15,2	5	49	526	2	114	15,6	1
8	81	462	4	62	16,1	5	81	451	4	83	12,2	1	81	435	4	104	11,5	4
9	75	517	3	54	14,0	1	75	507	3	75	9,8	4	75	488	3	96	8,4	2
10	41	483	2	81	14,6	4	41	477	2	102	11,8	2	41	501	2	123	13,1	3

¹ Ração 1 = silagem de milho e 40% de concentrado com fonte protéica de alta degradabilidade ruminal; rações 2 e 3 = silagem de capim-elefante e 40% de concentrado com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais, respectivamente; e rações 4 e 5 = cana e 40% de concentrado com fontes protéicas de alta e baixa degradabilidades ruminais, respectivamente.

Quadro 3C – Fase experimental e estágio fisiológico das vacas com a respectiva ração

Vaca	Fase Experimental/Estágio Fisiológico											
	4						5					
	Idade	Peso Vivo	Lactação			Ração ¹	Idade	Peso Vivo	Lactação			Ração
	ms	kg	od	dias	kg		ms	kg	od	dias	kg	
1	102	515	5	108	17,2	1	102	541	5	129	18,3	4
2	134	599	7	108	13,8	4	134	598	7	129	11,5	2
3	68	455	3	94	18,8	2	68	468	3	115	21,1	3
4	101	607	5	134	15,0	3	101	614	5	155	12,6	5
5	41	468	2	110	13,9	5	41	455	2	131	12,5	1
6	57	633	3	133	11,4	1	57	660	3	154	9,7	4
7	49	513	2	135	16,0	4	49	531	2	156	14,5	2
8	81	458	4	125	11,9	2	81	481	4	146	12,1	3
9	75	514	3	117	9,2	3	75	515	3	138	7,8	5
10	41	509	2	144	11,2	5	41	516	2	165	10,9	1

¹ Rações 1, 2, 3, 4 e 5 (vide Quadro 2C).

Quadro 4C – Biblioteca de valores dos constituintes dos alimentos

ALIMENTOS	Conc. (% MS)	Vol. (% MS)	MS (% MN)	FDN _{cp} (% MS)	Lig (% FDN)	FDNe (% F)	PB (% MS)	NDT _{1x} (% MS)	PS (% PB)	NNP (% SolP)	PIDN (% PB)	PIDA (% PB)
Silagem milho ¹	0,00	100,00	40,00	59,58	13,06	81,00	6,61	54,54	65,40	98,06	24,43	11,64
Cana	0,00	100,00	31,17	42,90	20,26	81,00	2,83	56,72	38,40	83,33	31,20	17,20
SCE ¹	0,00	100,00	22,60	60,05	18,00	41,00	8,47	46,91	60,52	84,70	21,71	14,48
MDPS	80,00	20,00	87,90	18,21	12,58	56,00	11,21	79,47	29,94	78,79	7,56	2,42
Fubá milho	100,00	0,00	87,53	8,02	7,07	48,00	10,17	85,28	20,45	14,13	4,22	1,22
Farelo de soja	100,00	0,00	88,70	6,62	3,52	23,00	55,60	84,20	18,96	56,65	5,00	1,50
F ^{ha} glúten milho	100,00	0,00	91,56	9,96	2,93	36,00	75,83	87,60	3,27	18,35	1,74	0,72
F ^{ha} de peixe	100,00	0,00	91,47	0,00		10,00	64,64	68,22	5,90	90,50	0,00	0,26
Sebo	100,00	0,00	99,00	0,00		0,00	0,00	146,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Bovigold®	100,00	0,00	100,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Calcário	100,00	0,00	100,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	0,00	0,00	100,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Puramix®	100,00	0,00	100,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Uréia	100,00	0,00	100,00	0,00		0,00	291,00		100,00	100,00	0,00	0,00
SCEFM	21,00	79,00	22,60	47,82	17,60	81,00	8,83	54,66	50,83	77,83	17,48	11,27
Silagem milho	24,00	76,00	40,00	45,55	12,83	81,00	7,23	62,41	53,95	98,37	18,40	8,80
ALIMENTO	Amido (% CNF)	EE (% MS)	CZ (% MS)	C-A (% /h)	C-B ₁ (% /h)	C-B ₂ (% /h)	P-B ₁ (% /h)	P-B ₂ (% /h)	P-B ₃ (% /h)	CA (% MS)	P (% MS)	MG (% MS)
Silagem Milho ¹	100,00	1,142	5,84	275,00	20,00	5,00	175,00	12,00	1,50	0,54	0,09	0,28
Cana	0,00	0,13	3,24	275,00	25,00	4,00	300,00	10,00	0,20	0,16	0,05	0,04
SCE ¹	100,00	2,52	10,86	275,00	20,00	5,00	175,00	12,00	1,50	0,76	0,26	0,21
MDPS	92,00	2,75	2,11	242,00	33,00	6,00	126,80	8,30	0,16	0,20	0,11	0,15
Fubá Milho	98,50	2,43	1,28	200,00	10,00	4,00	135,00	6,00	0,10	0,16	0,08	0,11
Farelo de soja	90,00	2,30	6,71	300,00	25,00	6,00	230,00	11,00	0,20	0,40	0,24	0,33
F ^{ha} glúten milho	100,00	0,54	1,63	300,00	50,00	5,00	150,00	4,00	0,50	0,07	0,15	0,04
F ^{ha} de peixe	90,00	6,48	26,71	0,00	0,00	0,00	150,00	1,00	0,80	11,22	3,10	0,22

Continua...

Quadro 4C – Cont.

ALIMENTO	Amido (% CNF)	EE (% MS)	CZ (% MS)	C-A (% /h)	C-B ₁ (% /h)	C-B ₂ (% /h)	P-B ₁ (% /h)	P-B ₂ (% /h)	P-B ₃ (% /h)	CA (% MS)	P (% MS)	MG (% MS)
Sebo	0,00	99,20	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57	0,06	0,06
Bovigold®	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,00	9,00	2,00
Calcário	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	0,02	2,06
Sal	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puramix®	0,00	0,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uréia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	400,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SCEFM	100,00	2,50	8,85	275,00	20,00	5,00	175,00	12,00	1,50	0,61	0,27	0,19
Silagem milho	80,00	1,90	4,80	275,00	30,00	5,00	300,00	15,00	0,25	0,42	0,14	0,24
ALIMENTO	Cl (% MS)	K (% MS)	Na (% MS)	S (% MS)	Co (ppm)	Cu (ppm)	I (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Se (ppm)	Zn (ppm)	Vit. A (1.000UI/kg)
Silagem milho ¹	0,00	1,43	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cana	0,00	0,70	0,03	0,00	0,00	2,10	0,00	164,00	170,30	0,00	26,50	0,00
SCE ¹	0,00	2,58	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MDPS	0,08	0,48	0,01	0,13	0,08	4,68	0,00	81,58	13,60	0,11	28,74	0,00
Fubá milho	0,06	0,31	0,01	0,13	0,43	4,80	0,00	30,00	6,40	0,00	0,00	0,00
Farelo de soja	0,00	2,41	0,04	0,46	0,12	22,40	0,00	185,00	35,00	0,51	57,00	0,00
F ^{ha} glúten milho	0,07	0,10	0,06	0,90	0,09	4,76	0,00	159,00	20,00	0,00	61,40	14,00
F ^{ha} de peixe	1,37	0,23	0,44	0,58	0,12	11,30	1,19	594,00	40,00	2,34	157,00	0,00
Sebo	0,00	0,32	0,01	0,00	0,57	15,00	0,68	482,00	47,00	0,00	42,00	0,00
Bovigold®	0,00	0,00	4,80	1,50	100,00	700,00	80,00	2.000,00	1.250,00	20,00	2.700,00	200,00
Calcário	0,03	0,12	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	3.500,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sal	60,66	0,00	39,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Puramix®	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12.000,00
Uréia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SCEFM		2,13										
Silagem milho	0,18	1,19	0,01	0,12	0,06	4,00	0,00	184,00	31,00	0,03	25,00	0,00

Continua...

Quadro 4C – Cont.

ALIMENTO	Vit. D (1.000UI/kg)	Vit. E (UI/kg)	CNF (% MS)	ID.CHO A (%)	ID.CHO B ₁ (%)	ID.CHO B ₂ (%)	ID.PRO A (%)	ID.PRO B ₁ (%)	ID.PRO B ₂ (%)	ID.PRO B ₃ (%)	ID.EE (%)	ID.CZ (%)
Silagem milho ¹	0,00	0,00	26,82	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
Cana	0,00	0,00	50,90	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
SCE ¹	0,00	0,00	18,88	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
MDPS	0,00	0,00	65,72	100,00	70,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
Fubá milho	0,00	0,00	78,10	100,00	55,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
Farelo de soja	0,00	0,00	28,77	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
F ^{ha} glúten milho	0,00	26,00	12,04	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
F ^{ha} de peixe	0,00	13,00	-	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
Sebo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68,00	50,00
Bovigold [®]	60,00	60,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	50,00
Calcário	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	50,00
Sal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	50,00
Puramix [®]	1.800,00	54,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	95,00	50,00
Uréia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
SCEFM			32,00					100,00	100,00	80,00	95,00	50,00
Silagem milho	0,00	0,00	40,52	100,00	75,00	20,00	100,00	100,00	100,00	80,00	95,00	50,00

¹ Exclui fração do concentrado energético.

Conc. = concentrado; Vol. = volumoso; MS = matéria seca; MN = matéria natural; FDN = fibra em detergente neutro; FDN_{CP} = FDN corrigida para cinza e proteína; Lig = lignina; FDNe = FDN efetiva; PB = proteína bruta; NTD1x = nutrientes digeríveis totais em nível de manutenção; PS = proteína solúvel; NNP = nitrogênio não-protéico; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; SCE = silagem de capim-elefante; MDPS = milho desintegrado com palha e sabugo; SCEFM = silagem de capim-elefante com fubá de milho; CNF = carboidrato não-fibroso; EE = extrato etéreo; CZ = cinzas; C-A, B_{1 a 2} = carboidrato – frações A e B; e P-A, B_{1 a 3} = proteína – frações A e B; ID.CHO = digestão das frações de carboidrato no intestino delgado; ID.PRO = digestão das frações de proteína no intestino delgado; e ID.EE e ID.CZ = digestão de EE e CZ no intestino delgado.