

Consumo, Digestibilidade Aparente Total, Produção e Composição do Leite em Vacas no Terço Inicial da Lactação Alimentadas com Níveis Crescentes de Proteína Bruta no Concentrado¹

Mara Lúcia Albuquerque Pereira², Sebastião de Campos Valadares Filho³, Rilene Ferreira Diniz Valadares⁴, José Maurício de Souza Campos³, Maria Ignez Leão³, César Augusto Ramos Pereira², Douglas dos Santos Pina⁵, Sandro de Souza Mendonça²

RESUMO - Avaliaram-se os consumos, as digestibilidades aparentes dos nutrientes e a produção e composição do leite de vacas no terço inicial da lactação recebendo dietas contendo níveis crescentes (20; 23; 26 e 29% da matéria natural - MN) de proteína bruta (PB) no concentrado. Foram utilizadas 12 vacas em lactação da raça Holandesa, puras e mestiças (Holandês x Zebu), distribuídas em três quadrados latinos (4x4). Foram utilizados quatro períodos de 15 dias cada, considerando-se uma semana de adaptação. A dieta consistiu de 60% de silagem de milho como volumoso e 40% de concentrado. Os consumos de matéria seca (MS), PB, fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) aumentaram linearmente, enquanto o consumo de carboidratos não-fibrosos (CNF) apresentou redução linear com os níveis de PB no concentrado. As digestibilidades da MS, matéria orgânica (MO), PB e FDN elevaram linearmente em função dos teores de PB. A produção de leite (PL) e PL corrigida para 3,5% de gordura, as quantidades de gordura e proteína e suas concentrações no leite não foram afetadas pelos níveis de PB no concentrado. No entanto, a PL corrigida para 3,5% de gordura de 29,08 kg/dia foi numericamente superior para o nível de 26% de PB na MN do concentrado. O concentrado contendo 26% de PB utilizado na proporção de 40%, que correspondeu a 15,5% na MS da dieta total, permitiu melhores respostas na produção de leite em vacas produzindo em média 28 kg/dia de leite no terço inicial da lactação e alimentadas com silagem de milho como volumoso.

Palavras-chave: composição química, eficiência de utilização de compostos nitrogenados, farelo de soja, proteína degradável no rúmen, proteína não-degradável no rúmen, silagem de milho

Intake, Total Apparent Digestibility, Milk Production and Composition in Early Lactation Cows Fed with Increasing Levels of Crude Protein in the Concentrate

ABSTRACT - The intake, total apparent digestibility of nutrients and milk production and composition were evaluated in early lactation cows fed with increasing levels (20; 23; 26 and 29% natural matter - NM) of crude protein (CP) in concentrate. Twelve crossbred Holstein cows were assigned to three latin square (4x4), in four periods of 15 days each (one week of adaptation). The feeding consisted of 60% of cow silage and 40% of concentrate. The intakes of dry matter (DM), CP, neutral detergent fiber (NDF), and total digestible nutrients (TDN) intakes increased linearly and the nonfiber carbohydrates (NFC) intake showed linear reduction as CP levels in the concentrate increased. DM, organic matter (OM), CP and NDF digestibilities increased linearly with CP levels. Milk production (MP), corrected MP, fat and protein levels in milk were not influenced by CP levels in the concentrate. Nonetheless, corrected MP for 3.5% fat was 29.08 kg/day in 26% of CP in NM of the concentrate. CP level of 26%, in a proportion of 40% concentrate, correspondent to 15.5% DM in the feed, showed better results of milk production, average of 28 kg/day, in early lactation of cows fed with corn silage.

Key Words: chemical composition, corn silage, efficiency of nitrogen compounds assimilation, rumen degradable protein, rumen undegradable protein, soybean meal

Introdução

Segundo Mertens (1992), para se medir o consumo potencial dos alimentos, o sistema ideal deveria dividir os alimentos em frações que limitam o consumo, conforme o enchimento ou à densidade energética.

Mertens (1987) relatou que, teoricamente, o consumo apresenta limitações física – principalmente pela fibra em detergente neutro (FDN) da dieta – e fisiológica, quando a dieta fornece energia além das necessidades do animal.

Conrad et al. (1964) relataram que, em dietas com digestibilidade da MS variando de 52 a 66%, o consumo

¹ Parte da tese de Doutorado em Zootecnia apresentada pelo primeiro autor à UFV.

² Professor do curso de Zootecnia – UESB – Pç. Primavera, 40 – Itapetinga, BA – 45700-000. E.mail: mara@uesb.br; carp@uesb.br; sandromendonca@yahoo.com.br

³ Professor do Departamento de Zootecnia – UFV – Viçosa, MG. E.mail: scvfilho@ufv.br; jmcampos@ufv.br; mileao@ufv.br

⁴ Professora do Departamento de Medicina Veterinária – UFV – Viçosa, MG. E.mail: rilene@ufv.br

⁵ Mestrando em Zootecnia – UFV – Viçosa, MG.

de matéria seca (MS) está diretamente relacionado ao peso corporal (PC), ao resíduo indigestível e à digestibilidade da MS e, em dietas com digestibilidade de 67 a 80%, ao peso metabólico, à produção e digestibilidade.

Vacas no terço inicial de lactação têm maior demanda para proteína metabolizável para atender a alta produção de leite, entretanto, a manutenção deste requerimento é limitada pela ingestão de MS (Kalscheur et al., 1999). As recomendações do NRC (1989 e 2001) sobre os requerimentos de vacas leiteiras foram desenvolvidas com base no conhecimento de que vacas nas primeiras semanas de lactação necessitam de maior quantidade de proteína dietética para compensar o menor consumo de alimento durante este período em relação à demanda.

Trabalhando com vacas de alta produção (30 a 40 kg de leite por dia), em diferentes fases de lactação, alimentadas com rações contendo diferentes níveis protéicos, constituídas de 55% de silagens de alfafa e de milho (3:2) como volumosos na base da MS, Wu & Satter (2000) verificaram que as respostas na produção de leite variaram com o estágio de lactação. Então, sugeriram que, no início da lactação, a dieta deve apresentar 17,5% de PB e de 35 a 37% de proteína não-degradável no rúmen (PNDR), e que, a partir da 30ª semana de lactação, o teor protéico da dieta deve ser de 16%. Para o NRC (1989), vacas de alta produção (35 a 40 kg/dia) no terço inicial de lactação requerem dietas com 16 a 18% de proteína bruta (PB) e a PNDR deve constituir de 37 a 38% da proteína total ou de 6,2 a 7,0% da matéria seca da dieta.

A proteína e a gordura são os componentes do leite que podem sofrer alterações nos seus níveis e componentes. Porém, enquanto a gordura pode variar de 2 a 3 unidades percentuais, a amplitude de variação do teor de proteína do leite é bem menor, oscilando de 0,3 a 0,4% (Wittwer, 2000).

O teor de gordura do leite pode ser reduzido com o aumento da porcentagem de concentrados na ração (Valadares Filho et al., 2000). Wattiaux (1994) relatou o efeito da relação volumoso:concentrado (V:C) na proporção dos ácidos acético e propiônico no pH ruminal, na produção e no teor de gordura do leite, observando que, ao se variar a relação V:C em uma amplitude de 80:20 a 20:80, a relação de ácidos acético e propiônico decaiu na proporção de 6,5:1 a 1:1, o pH, de 7,0 para 5,25; enquanto a produção de leite elevou até 30:70 e o teor de gordura do leite permaneceu estável até 40:60, decaindo abaixo desta relação.

A digestibilidade dos nutrientes é um dos componentes básicos na determinação da energia disponível dos alimentos para produção de leite, ou seja, energia líquida de lactação (EL_L) ou energia metabolizável (EM).

O NRC (2001) considera que o aumento no consumo reduz a digestibilidade dos nutrientes. Assim, recomenda corrigir o teor de NDT obtido para manutenção, usando a equação: % Redução = $[NDT_m - [(0,18 \times NDT_m - 10,3) \times \text{ingestão}]/NDT_m]$.

O experimento foi realizado com os objetivos de avaliar o efeito dos níveis de PB nas dietas sobre a produção e composição do leite, os consumos e as digestibilidades aparentes totais de MS, matéria orgânica (MO), PB, extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHOT), FDN e carboidratos não-fibrosos (CNF), os consumos de NDT, bem como estimar a degradabilidade *in situ* da MS e PB dos alimentos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite (UEPE-GL) do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG. Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa, puras e mestiças (Holandês x Zebu) em lactação, com peso médio de 550 kg e produção de leite média de 28 kg, distribuídas em três quadrados latinos balanceados (4x4), de acordo com o período de lactação, observando-se média ao início do experimento de 25 dias de lactação.

Os tratamentos foram constituídos de concentrados contendo quatro níveis de PB: 20; 23; 26 e 29% na matéria natural (MN), sendo o concentrado utilizado na proporção de 40% na base da MS total da dieta, correspondendo aos teores de PB de 12,7; 14,1; 15,5 e 16,9% na base da MS total da dieta, respectivamente. Foi utilizada a silagem de milho como volumoso. As proporções dos ingredientes dos concentrados estão na Tabela 1. A composição química dos concentrados e da silagem de milho está apresentada na Tabela 2 e a composição das dietas, na Tabela 3.

O experimento foi constituído de quatro períodos experimentais, com duração de 15 dias cada, sendo os primeiros sete dias de adaptação, conforme recomendado por Oliveira et al. (2001).

Os animais foram alojados em baias individuais providas de cocho e bebedouro automático. O alimento foi oferecido na forma de ração completa, misturada

no cocho imediatamente antes do fornecimento aos animais, *ad libitum*, duas vezes ao dia, após as ordenhas da manhã e da tarde, de modo a permitir 5 a 10% de sobras. O peso de cada animal foi obtido pela média dos pesos ao início e final de cada período experimental e os consumos diários foram determinados pela diferença entre a dieta total oferecida e as sobras, que foram coletadas e pesadas duas vezes ao dia.

Semanalmente, foram coletadas amostras da silagem de milho para determinação de MS para o ajuste da relação V:C da dieta total. Para as amostras do alimento oferecido (silagem e concentrado) e das sobras, as coletas foram realizadas do 8^o ao 15^o dia, e, para as fezes, foram feitas, diretamente da ampola retal, duas vezes em cada período experimental, uma às 8 h do 8^o dia e a outra às 15 h do 14^o dia, de acordo com Vagnoni et al. (1997). Essas amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -20°C.

Ao término do período de coletas, as amostras de alimentos, sobras e fezes foram descongeladas, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60±5°C, durante 72 a 96 horas, e processadas em moinho de facas com peneira contendo malhas de 1 mm de diâmetro. Logo após, foram feitas amostras compos-

tas com base no peso seco por animal em cada período experimental e armazenadas para as análises bromatológicas, segundo procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002).

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes, foi utilizada a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) como indicador interno, obtida após 144 horas de incubação ruminal dos alimentos, das sobras e das fezes, utilizando sacos da Ankon (*filter bags* F57) (Cochran et al., 1986). Após o período de incubação, os sacos foram retirados por meio de fístula ruminal, imediatamente lavados em água corrente até a mesma se apresentar totalmente límpida e submetidos à fervura em detergente ácido durante uma hora.

As análises de MS, cinzas, FDN, EE e compostos nitrogenados totais (N) nos alimentos, nas sobras e nas fezes foram realizadas conforme procedimentos descritos por Silva & Queiroz (2002). A percentagem de carboidratos totais (CHOT) foi obtida por: 100 - (%PB + %EE + %cinzas), a porcentagem CNF foi calculada como CHOT - FDN (Snnifen et al. 1992) e, para o cálculo de nutrientes digestíveis totais (NDT), utilizou-se a equação proposta pelo NRC (2001): $NDT = PBD + EED \times 2,25 + FDND + CNFD$, em que PBD, EED e CNFD representam os nutrientes digestíveis.

Amostras de 5 g de silagem pré-seca em estufa a 60°C, do fubá de milho e do farelo de soja, foram processadas em moinho de facas com peneira contendo malhas de 2 mm de diâmetro e colocadas em sacos de náilon de 10 x 20 cm e 56 µm de porosidade, para a determinação das degradabilidades ruminais da PB e MS. Foram utilizadas três vacas fistuladas, alimentadas com a mesma dieta fornecida no último período experimental, adotando-se nove tempos de incubação (0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 e 96 h), com três sacos para cada tempo. Antes e após a incubação, os sacos foram pesados para determinação de MS e análise do N total. As equações, para estimar os parâmetros da degradabilidade, foram ajustadas ao modelo não-linear pelo método iterativo de Gauss-Newton, por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 1999).

Os coeficientes a, b e Kd para determinação da degradabilidade da MS e PB foram obtidos da seguinte equação: $\text{degradação de MS ou PB} = a + b(1 - e^{-Kdt})$, em que a = fração solúvel; b = fração insolúvel potencialmente degradável; e Kd = taxa de degradação da fração b no tempo t. A degradabilidade efetiva

Tabela 1 - Composição percentual dos concentrados, expressa na base da matéria natural (MN)

Table 1 - Composition of the concentrates, express as percentage of the natural matter (NM)

| Ingrediente Ingredient | % de proteína bruta na MN do concentrado % of crude protein in natural matter concentrate | | | |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | 20 | 23 | 26 | 29 |
| Fubá de milho Corn meal | 63,28 | 54,95 | 46,61 | 38,28 |
| Farelo de soja Soybean meal | 33,95 | 42,28 | 50,62 | 58,95 |
| Calcáreo Limestone | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Fosfato bicálcico Dicalcium phosphate | 0,83 | 0,83 | 0,83 | 0,83 |
| Sal Sodium chloride | 0,89 | 0,89 | 0,89 | 0,89 |
| Microminerais ¹ Microminerals | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Total Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

¹Composição (g/kg): sulfato de zinco = 804; sulfato de cobre = 180; sulfato de cobalto = 8,8; iodato de potássio = 4,4; selenito de sódio = 2,8.

¹Composition (g/kg): zinc sulfate = 804; copper sulfate = 180; cobalt sulfate = 8.8; potassium iodate = 4.4; sodium selenite = 2.8.

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não-degradável no rúmen (PNDR), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e lignina dos concentrados e da silagem de milho

Table 2 - Average contents of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), rumen degradable protein (RDP), rumen undegradable protein (RUP), ether extract (EE), total carbohydrates (TCHO), neutral detergent fiber (NDF), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), nonfiber carbohydrates (NFC), insoluble protein in acid detergent (IPAD) and lignin of the concentrates and corn silage

| Item | % de PB na MN % of CP in NM | | | | Silagem Silage |
|------------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------------------|
| | 20 | 23 | 26 | 29 | |
| MS (%) (DM) | 85,45 | 85,46 | 85,67 | 85,63 | 33,46 |
| MO ¹ (OM ¹) | 94,05 | 91,84 | 93,18 | 92,64 | 94,78 |
| PB ¹ (CP ¹) | 22,70 | 26,10 | 29,50 | 33,00 | 6,10 |
| PDR ¹ (RDP ¹) | 13,41 | 15,71 | 17,71 | 20,39 | 4,79 |
| PNDR ¹ (RUP ¹) | 9,29 | 10,39 | 11,79 | 12,61 | 1,31 |
| EE ¹ (EE ¹) | 4,20 | 4,10 | 4,10 | 4,04 | 2,59 |
| CHOT ¹ (TCHO ¹) | 67,15 | 61,64 | 59,31 | 55,61 | 86,09 |
| FDN ¹ (NDF ¹) | 11,00 | 11,10 | 12,30 | 11,80 | 59,00 |
| FDNcp ¹ (NDFap ¹) | 9,01 | 9,14 | 10,66 | 10,26 | 57,44 |
| CNF ¹ (NFC ¹) | 56,15 | 50,54 | 47,01 | 43,81 | 27,09 |
| PIDA (% da PB) | 4,49 | 4,44 | 4,44 | 5,09 | 15,74 |
| IPAD (% of the CP) | | | | | |
| Lignina ¹ (Lignin) | 1,92 | 2,08 | 2,27 | 2,63 | 5,60 |

¹Valores em porcentagem da MS (Expressed as DM percentage).

da PB foi calculada usando a equação $PDR = a + (b \times Kd)/(Kd + Kp)$, em que Kp = taxa de passagem (Orskov & McDonald, 1979). O conteúdo de PNDR foi calculado como $100 - PDR$.

A taxa de passagem foi calculada de acordo com o NRC (2001), utilizando as seguintes equações: Kp silagem = $3,054 + 0,614 \times$ consumo de matéria seca (CMS) e Kp concentrado = $2,904 + 1,375 \times$ CMS – $0,020 \times$ % do concentrado na dieta, em que CMS é expresso em %PC.

A produção de leite foi avaliada do 8^o ao 15^o dia de cada período experimental. Amostras de leite da 1^a e 2^a ordenhas do 10^o dia foram coletadas e compostas por animal, para determinação de proteína bruta, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002) e de gordura (Pregolato & Pregolato, 1985). As amostras compostas foram obtidas pela mistura proporcional à produção de leite da manhã e da tarde, conforme sugerido por Broderick & Clayton (1997).

A produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura (PLG), pela equação citada por Sklan et al. (1992): $PLG = (0,432 + 0,1625 \times G) \times$ kg de leite, em que G = % de gordura do leite.

A eficiência alimentar foi calculada para cada vaca, dividindo-se a produção média de leite pela

ingestão média de MS de cada período experimental (Valadares Filho et al., 2000). Da mesma forma, procedeu-se ao cálculo da eficiência de utilização de N, dividindo-se o N-total médio do leite pela ingestão média de N-total da dieta (Broderick, 2003). Os resultados foram avaliados por meio de análises de variância e regressão, empregando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (UFV, 1999). Os critérios adotados para escolha do modelo foram o coeficiente de determinação (R^2) e a significância, observada por meio do teste F, a 5% de probabilidade. Os três quadrados latinos foram analisados em conjunto.

Resultados e Discussão

Na Tabela 4, são apresentadas as estimativas dos parâmetros de degradabilidade *in situ* da MS e PB dos alimentos utilizados nas dietas experimentais. As degradabilidades efetivas médias calculadas para MS e PB dos alimentos foram, respectivamente, 44,07 e 78,59% para a silagem de milho, 53,33 e 45,07% para o fubá de milho e 72,80 e 63,70%, para o farelo de soja, utilizando taxa de passagem de $0,068.h^{-1}$, estimada para o concentrado, e de $0,051.h^{-1}$, para a silagem de

Tabela 3 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não-degradável no rúmen (PNDR) extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), lignina e nutrientes digestíveis totais (NDT), obtidos para as quatro dietas experimentais

Table 3 - Average contents of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), rumen degradable protein (RDP), rumen undegradable protein (RUP), ether extract (EE), total carbohydrates (TCHO), neutral detergent fiber (NDF), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), nonfiber carbohydrates (NFC), insoluble protein in acid detergent (IPAD), lignin and total digestible nutrients (TDN) obtained for the four experimental diets

| Item | Dieta experimental (% de PB na MS total) Experimental diet (% CP in dry matter basis) | | | |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
| | 12,7 | 14,1 | 15,5 | 16,9 |
| MS (%) | 54,26 | 54,26 | 54,34 | 54,33 |
| DM (%) | | | | |
| MO ¹ | 94,49 | 93,6 | 94,14 | 93,92 |
| OM ¹ | | | | |
| PB ¹ | 12,74 | 14,10 | 15,50 | 16,90 |
| CP ¹ | | | | |
| PDR ¹ | 8,24 | 9,16 | 9,96 | 11,03 |
| RDP ¹ | | | | |
| PNDR ¹ | 4,50 | 4,94 | 5,54 | 5,87 |
| RUP ¹ | | | | |
| EE ¹ | 3,84 | 3,65 | 3,62 | 3,35 |
| EE ¹ | | | | |
| CHOT ¹ | 77,91 | 75,85 | 75,02 | 73,67 |
| TCHO ¹ | | | | |
| FDN ¹ | 39,80 | 39,84 | 40,32 | 40,12 |
| NDF ¹ | | | | |
| FDNcp ¹ | 38,07 | 38,12 | 38,73 | 38,57 |
| NDFap ¹ | | | | |
| CNF ¹ | 38,11 | 36,01 | 34,70 | 33,55 |
| NFC ¹ | | | | |
| PIDA (% PB) | 0,98 | 1,04 | 1,10 | 1,25 |
| IPAD (% CP) | | | | |
| Lignina ¹ | 4,13 | 4,19 | 4,27 | 4,41 |
| Lignin ¹ | | | | |
| NDT ¹ | 67,47 | 68,52 | 67,88 | 72,79 |
| TDN ¹ | | | | |

¹Valores em porcentagem da MS.

¹Expressed as DM percentage.

milho. Valadares Filho (1995) citou valores próximos aos obtidos neste trabalho, utilizando taxa de passagem de 0,05.h⁻¹.

Os valores médios referentes aos consumos diários de MS, MO, PB, EE, CHOT, FDN, CNF e NDT, expressos em kg/dia e de MS e FDN, expressos em porcentagem do peso corporal (%PC), o consumo de

Tabela 4 - Frações solúveis (a) e insolúveis potencialmente degradáveis (b), taxa de degradação da fração b (Kd) e degradabilidade efetiva (DE) estimadas para matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) dos alimentos utilizados nas rações de vacas no terço inicial da lactação

Table 4 - Soluble fractions (a) and insoluble fractions potentially degradable (b), degradation rate of the fraction b (Kd) and effective degradability (ED) estimated for dry matter (DM) and crude protein (CP) of the feeds used in rations for early lactation cows

| Alimento Feed | Parâmetro Parameter | | | DE ED |
|---------------------------------|------------------------|-------|-------|----------|
| | a | b | Kd | |
| | | MS | | |
| | | DM | | |
| Silagem de milho Corn silage | 18,54 | 61,98 | 0,036 | 44,07 |
| Fubá de milho Corn meal | 23,31 | 78,07 | 0,042 | 53,33 |
| Farelo de soja Soybean meal | 35,63 | 63,50 | 0,096 | 72,80 |
| | | PB | | |
| | | CP | | |
| Silagem de milho Corn silage | 50,00 | 43,24 | 0,10 | 78,59 |
| Fubá de milho Corn meal | 25,18 | 74,00 | 0,025 | 45,07 |
| Farelo de soja Soybean meal | 21,91 | 74,00 | 0,088 | 63,70 |

MS expresso em gramas por unidade de tamanho metabólico, os coeficientes de variação e as equações de regressão são apresentados na Tabela 5. O consumo de MS elevou linearmente ($P < 0,05$) com o incremento da PB na dieta.

Geralmente, ocorre aumento de consumo com a elevação do PC, o que indica ser mais conveniente expressar consumo em função do peso corporal. Entretanto, conforme Mertens (1994), a base para expressar peso metabólico ou %PC depende se a limitação da ingestão for decorrente de fator energético ou de enchimento. O NRC (2001) preconiza consumo de MS de 18,2 a 19,8 kg/dia para vacas com 550 kg, produzindo 25 e 30 kg de leite com 3,5% de gordura e ganhando 0,2 kg/dia, na 10^a semana de lactação. Neste experimento, o consumo de MS pelas vacas foi bem próximo a estes, pois variaram de 18,0 a 19,3 kg MS/dia para produções de leite que atingiram 24,6 a 27,2 kg/dia.

Verificou-se digestibilidade aparente da MS superior a 66% para todas as dietas experimentais, podendo levar a interpretação de que a limitação do consumo fosse fisiológica, entretanto, as rações apresentaram CNF em torno de 33,69%, relação volumoso:concentrado de 60:40 e as respostas de consumo expressas em kg/dia, % do PC e $\text{g/kg}^{0,75}$ foram semelhantes.

Por outro lado, o modelo “FDN - Consumo de energia”, citado por Mertens (1994), prevê que a ingestão seja limitada pelo enchimento, quando o consumo diário de FDN for maior que 11 a 13 g/kg PC. Nesse experimento, situou-se dentro da capacidade ótima de consumo de fibra, pois variou de 11,9 a 13,1 g/kg PC.

Tabela 5 - Consumos médios diários de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), proteína degradável no rúmen (PDR), proteína não-degradável no rúmen (PNDR), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não-fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT), em função dos níveis de proteína bruta no concentrado (X em %), coeficientes de variação (CV), probabilidades (P) referentes aos efeitos linear (L) e quadrático (Q) e equações de regressão

Table 5 - Daily average intakes of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), rumen degradable protein (RDP), rumen undegradable protein (RUP), ether extract (EE), total carbohydrates (TCHO), neutral detergent fiber (NDF), nonfiber carbohydrates (NFC) and total digestible nutrients (TDN), in function of the crude protein levels in the concentrate (X in %), coefficient of variation (CV), probabilities (P) related to the linear (L) and quadract (Q) effects and regression equations

| Item | Nível de proteína (% na MN) <i>Protein level (% in natural matter)</i> | | | | CV% | P | |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|-------|---------------------|------|
| | 20 | 23 | 26 | 29 | | L | Q |
| | Consumo (kg/dia) <i>Intake (kg/day)</i> | | | | | | |
| MS DM | 18,00 | 18,92 | 19,11 | 19,32 | 6,48 | 0,0456 ¹ | n.s. |
| MO OM | 17,02 | 17,70 | 17,97 | 18,15 | 6,35 | n.s. | n.s. |
| PB CP | 2,35 | 2,72 | 3,01 | 3,31 | 5,88 | 0,0000 ² | n.s. |
| PDR (g/dia) RDP (g/day) | 1483 | 1733 | 1903 | 2131 | | | |
| PNDR (g/dia) RUP (g/day) | 867 | 987 | 1107 | 1179 | | | |
| EE EE | 0,60 | 0,63 | 0,63 | 0,63 | 7,33 | n.s. | n.s. |
| CHOT TCHO | 14,07 | 14,34 | 14,33 | 14,21 | 6,48 | n.s. | n.s. |
| FDN NDF | 6,64 | 7,08 | 7,20 | 7,29 | 8,29 | 0,0214 ³ | n.s. |
| CNF NFC | 7,41 | 7,22 | 7,02 | 6,82 | 5,37 | 0,0114 ⁴ | n.s. |
| NDT TDN | 12,10 | 12,98 | 12,99 | 14,09 | 11,21 | 0,0215 ⁵ | n.s. |
| | Consumo (% do PC) <i>Intake (% body weight)</i> | | | | | | |
| MS DM | 3,23 | 3,38 | 3,42 | 3,48 | 5,17 | 0,0164 ⁶ | n.s. |
| FDN NDF | 1,19 | 1,26 | 1,29 | 1,31 | 7,24 | 0,0057 ⁷ | n.s. |
| | Consumo ($\text{g/kg}^{0,75}$) <i>Intake ($\text{g/kg}^{0,75}$)</i> | | | | | | |
| MS DM | 156,77 | 164,28 | 166,28 | 168,77 | 5,42 | 0,0338 ⁸ | n.s. |

n.s.: não-significativo ($P > 0,05$) (not significant, $P > 0,05$).

¹ $\hat{Y} = 15,4618 + 0,1378 X$ ($r^2 = 0,85$); ² $\hat{Y} = 0,2456 + 0,1062 X$ ($r^2 = 0,99$); ³ $\hat{Y} = 5,3631 + 0,0689 X$ ($r^2 = 0,86$); ⁴ $\hat{Y} = 8,7256 - 0,0656 X$ ($r^2 = 0,99$);

⁵ $\hat{Y} = 8,1449 + 0,1998 X$ ($r^2 = 0,90$); ⁶ $\hat{Y} = 2,7261 + 0,0265 X$ ($r^2 = 0,92$); ⁷ $\hat{Y} = 0,9418 + 0,0131 X$ ($r^2 = 0,91$); ⁸ $\hat{Y} = 132,984 + 1,267 X$ ($r^2 = 0,90$).

As ingestões de PB, FDN e NDT elevaram linearmente de acordo com a porcentagem de PB da ração. Os avanços lineares nos consumos de PB, PDR e PNDR foram coerentes com a variação crescente dos níveis de PB da dieta. Por outro lado, a ingestão de CNF decresceu linearmente com o aumento dos teores de PB na ração, em razão de os níveis de CNF terem sido alterados pela variação das proporções dietéticas do fubá de milho e farelo de soja. Mesmo com redução dos teores de CHOT nas dietas com a substituição do fubá de milho, seu consumo não foi afetado pelos níveis crescentes de PB, o que pode ser atribuído à contribuição do incremento da ingestão de FDN. Não houve efeito dos níveis de proteína no concentrado sobre o consumo de EE.

Os coeficientes de digestibilidades aparentes totais da MS, MO, PB, EE, CHOT, FDN e CNF, com seus respectivos coeficientes de variação, encontram-se na Tabela 6. Observou-se efeito linear positivo dos níveis de PB sobre as digestibilidades da MS, MO, PB e FDN. Vários autores relataram que a utilização de níveis crescentes de PB resultou em aumentos nas digestibilidades da MS, MO, PB, FDN

e FDA (Cunningham et al., 1996; Valadares et al., 1997; Broderick, 2003).

Neste estudo, o fato de os níveis mais elevados de PB das rações, afetarem positivamente o consumo ($P = 0,0057$) e a digestibilidade ($P = 0,0123$) da FDN, mesmo apresentando teores similares de FDN (média de 40,02%, na base da MS), é coerente com os relatos de Sniffen et al. (1993) e Wilson & Kennedy (1996), que afirmaram que a ingestão de compostos nitrogenados é importante para atender aos requerimentos microbianos, sobretudo daqueles agentes que digerem a fibra, resultando em aumento do consumo e do desaparecimento do alimento. Broderick (2003) não observou variação na digestibilidade aparente da MS e MO conforme o aumento de PB dietética, mas notou que as digestibilidades da FDN e da FDA elevaram linearmente. Esses resultados corroboram os obtidos por Stokes et al. (1988) e Santos et al. (1998), que reportaram que bovinos consumiram mais feno quando suplementados com farelo de soja como fonte de PNDR e que a ingestão e digestibilidade da MS aumentaram com a elevação dos níveis de farelo de soja.

Tabela 6 - Valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente total da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), carboidratos totais (DCHOT), fibra em detergente neutro (DFDN), e carboidratos não-fibrosos (DCNF), em função dos níveis de proteína bruta no concentrado (X em %), coeficientes de variação (CV), probabilidades (P) referentes aos efeitos linear (L) e quadrático (Q) e equações de regressão

Table 6 - Average values of coefficients of total apparent digestibility of the dry matter (DMD), organic matter (OMD), crude protein (CPD), ether extract (EED), total carbohydrates (TCHOD), neutral detergent fiber (NDFD), nonfiber carbohydrates (NFCD), in function of the crude protein levels in the concentrate (X in %), coefficients of variation (CV) and probabilities (P) related to the linear (L) and quadract (Q) effects and regression equations

| Item | Nível de proteína (% na MN) Protein level (% in natural matter) | | | | CV% | P | |
|-------|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|------|
| | 20 | 23 | 26 | 29 | | L | Q |
| DMS | 66,63 | 68,88 | 68,71 | 72,19 | 6,08 | 0,0166 ¹ | n.s. |
| DMD | | | | | | | |
| DMO | 67,56 | 69,99 | 70,08 | 73,02 | 5,482 | 0,0134 ² | n.s. |
| OMD | | | | | | | |
| DPB | 77,57 | 81,04 | 81,25 | 84,81 | 4,59 | 0,0064 ³ | n.s. |
| CPD | | | | | | | |
| DEE | 74,42 | 77,74 | 76,89 | 81,91 | 9,53 | n.s. | n.s. |
| EED | | | | | | | |
| DCHOT | 63,25 | 65,50 | 64,28 | 69,88 | 10,59 | n.s. | n.s. |
| TCHOD | | | | | | | |
| DFDN | 53,95 | 58,16 | 57,09 | 63,57 | 15,18 | 0,0123 ⁴ | n.s. |
| NDFD | | | | | | | |
| DCNF | 71,59 | 72,60 | 71,83 | 76,74 | 9,27 | n.s. | n.s. |
| NFCD | | | | | | | |

n.s.: não-significativo ($P > 0,05$) (not significant, $P > .05$).

¹ $\hat{Y} = 55,6172 + 0,5505 X$ ($r^2 = 0,86$); ² $\hat{Y} = 56,6969 + 0,5496 X$ ($r^2 = 0,91$); ³ $\hat{Y} = 63,2699 + 0,7305 X$ ($r^2 = 0,92$); ⁴ $\hat{Y} = 35,4893 + 0,9267 X$ ($r^2 = 0,80$).

Cunningham et al. (1996) submeteram vacas a dietas contendo menores relações CNF:PDR, ao substituírem o milho de alta umidade pelo farelo de soja e não observaram aumento significativo da ingestão de MS, mas verificou efeito linear positivo no consumo e na digestibilidade total da FDN, provavelmente em virtude dos maiores conteúdos de FDN nas rações à medida em que se elevou os teores de PB e PNDR (variação de 33,2 a 43,2% de FDN).

Segundo Broderick (2003), maiores consumos de PDR podem estimular a digestão da fibra pelo aumento do suprimento de ácidos graxos voláteis (AGV) de cadeia ramificada. Suplementando bovinos com dietas de baixo teor de proteína e contendo AGV de cadeia ramificada, Misra & Thakur (2001) observaram aumento da digestão da fibra no rúmen dos animais.

O aumento linear na digestibilidade aparente do nitrogênio, com o incremento de PB na dieta foi, provavelmente, resultante do efeito da diluição do N fecal metabólico e do efeito do maior consumo de farelo de soja, uma fonte de proteína altamente

digestível, conforme relatado por Valadares Filho et al. (2000) e Broderick (2003).

As digestibilidades aparentes do EE, dos CHOT e dos CNF não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos níveis de PB no concentrado.

A produção e a composição de leite, assim como seus coeficientes de variação, encontram-se na Tabela 7. Ao contrário dos aumentos de consumos registrados para MS, FDN e NDT, em função dos níveis de PB da dieta, não houve efeito significativo ($P>0,05$) nas respostas da produção e composição do leite.

Considerando os valores numéricos, observa-se que o nível de 15,5% de PB na MS total ou 26% de PB no concentrado propiciou as melhores respostas de produção de leite não-corrigida e corrigida para 3,5% de gordura, sendo 10,3 e 6,1%, respectivamente, superiores ($P>0,05$) ao nível de 12,7% de PB na MS total ou 20% de PB na MN do concentrado, indicando que o nível de 29% de PB na MN do concentrado torna-se desnecessário tendo em vista o aumento do custo, uma vez que a fonte protéica normalmente é a mais cara. Reduzir a concentração de PB dietética

Tabela 7 - Valores médios de produção de leite não-corrigida (PL) e corrigida para 3,5% de gordura (PLG), eficiência de utilização de MS (kg leite/kg matéria seca consumida), eficiência de utilização de N (kg N-leite/kg N-ingerido), teores e quantidades de gordura (G) e proteína bruta (PB) do leite, em função dos níveis de proteína bruta no concentrado (X em %), coeficientes de variação (CV) e probabilidades (P) para os efeitos linear (L) e quadrático (Q) e equação de regressão

Table 7 - Average values of milk production (MP) and corrected for 3,5% fat (FMP), efficiency of dry matter assimilation (kg milk/kg dry matter intaked), efficiency of nitrogen compounds (N) assimilation (kg N-milk/kg N-intaked), concentration and quantity of milk fat (F) and crude protein (CP) in function of the crude protein level in the concentrate (X in %), coefficients of variation (CV) and probabilities (P) related to the linear (L) and quadract (Q) effects and regression equation

| Item | Nível de proteína (% na MN) Protein level (% in natural matter) | | | | CV% | P | |
|---------------|--------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|-------|---------------------|------|
| | 20 | 23 | 26 | 29 | | L | Q |
| PL (kg/dia) | 24,55 | 25,65 | 27,08 | 27,23 | 8,84 | n.s | n.s. |
| MP (kg/day) | | | | | | | |
| PLG (kg/dia) | 27,40 | 27,80 | 29,08 | 28,94 | 8,60 | n.s. | n.s. |
| FMP (kg/day) | | | | | | | |
| Eficiência MS | 1,37 | 1,35 | 1,41 | 1,40 | 8,64 | n.s. | n.s. |
| DM Efficiency | | | | | | | |
| Eficiência N | 0,295 | 0,271 | 0,253 | 0,227 | 10,76 | 0,0043 ¹ | n.s. |
| N Efficiency | | | | | | | |
| G (%) | 4,23 | 4,02 | 3,99 | 3,99 | 9,41 | n.s. | n.s. |
| F (%) | | | | | | | |
| G (g/dia) | 1033,48 | 1028,58 | 1070,12 | 1057,22 | 10,64 | n.s. | n.s. |
| F (g/day) | | | | | | | |
| PB (%) | 2,86 | 2,98 | 2,92 | 2,87 | 7,45 | n.s. | n.s. |
| CP (%) | | | | | | | |
| PB (g/dia) | 697,24 | 756,25 | 783,60 | 771,47 | 7,89 | n.s. | n.s. |
| CP (g/day) | | | | | | | |

n.s.: não-significativo ($P>0,05$) (not significant, $P>0,05$).

¹ $\hat{Y} = 0,4414 - 0,0073 X$ ($r^2 = 0,99$).

para vacas em lactação é o modo mais comum e prático para diminuir as perdas de compostos nitrogenados (N) e reduzir os custos de produção em experimentos de alimentação (Smits et al., 1995; Dinn et al., 1998; Paul et al., 1998).

A ingestão de quantidades crescentes de proteína não afetou ($P>0,05$) o teor de gordura do leite, situando-se entre 3,99 e 4,23%, uma vez que os teores de FDN ficaram entre 36,89 e 37,73% da MS da dieta consumida. Esses níveis de FDN são superiores aos recomendados pelo NRC (1989). Além disso, em média, 88,23% da FDN consumida foram provenientes da silagem de milho.

Valores numéricos similares de eficiência alimentar entre os níveis de 15,5 e 16,9% de PB na MS total sugerem que a pequena resposta na produção de leite para 16,9%, foi parcialmente decorrente do menor incremento em ingestão da MS associado ao reduzido consumo de CNF, já que os fornecimentos de PDR e PNDR pelas dietas contendo 15,5 e 16,9% de PB situaram dentro das recomendações do NRC (2001). Broderick (2003), Oliveira et al. (2001) e Dinn et al. (1998) também não observaram efeito de tratamento sobre essa eficiência.

À medida que os níveis de PB da ração aumentaram, houve declínio significativo na eficiência da utilização de N (Tabela 7). Vários fatores relacionados à eficiência de utilização de nutrientes tornaram-se desfavoráveis quando a PB dietética foi aumentada com a substituição do fubá de milho pelo farelo de soja, exceto para a utilização da MS e FDN da dieta total. Dessa forma, sob as condições deste experimento, a produção e composição do leite foram melhores com 15,5% de PB na MS total e houve forte evidência de queda na eficiência de utilização de nutrientes, especialmente para N, para o teor de 16,9% de PB. Resultados semelhantes foram obtidos por Cressman et al. (1980) e Broderick (2003) ao variarem os conteúdos de PB da dieta para vacas em lactação com a adição de farelo de soja.

A porcentagem sugerida de PNDR nas dietas de vacas de alta produção (cerca de 40 kg de leite no terço inicial da lactação) varia de 6,2 a 7,0% da MS da dieta ou de 37 a 38% da proteína total (NRC, 1989). Os valores médios obtidos, incluindo todos os tratamentos, expressos na base da PB ou da MS da dieta total foram de 33,55% ou 4,97% para PNDR e de 63,86% ou 9,47% para PDR. Portanto, o aumento da concentração de PB (12,7; 14,1; 15,5 e 16,9%) da dieta, aliado ao incremento da ingestão de MS, proporcionou elevação nos respectivos consumos (g/dia) de

PDR e PNDR, que foram 1.483 e 867; 1733 e 987; 1.903 e 1.107; 2.131 e 1.179, utilizando vacas no terço inicial de lactação com peso vivo médio de 550 kg e produzindo aproximadamente 30 kg de leite por dia com 3,5% gordura. Dessa forma, a dieta contendo 15,5% de PB foi a que forneceu valores mais próximos dos requerimentos para PDR e PNDR, conforme recomendação do NRC (1989).

Os fatores que influenciam a utilização de PB da dieta são complexos e relacionados ao suprimento sincronizado de CNF:PDR para manter as necessidades dos microrganismos ruminais e de PNDR com digestibilidade intestinal adequada, com um padrão de aminoácidos complementares à proteína microbiana, de maneira que os requerimentos da vaca sejam supridos (Broderick, 2003). Nocek & Russell (1988) sugeriram que rações para vacas de alta produção devem conter 78% de carboidratos totais, 53% de carboidratos disponíveis no rúmen e 16% de PB contendo 66% de PDR no rúmen. Hoover & Stokes (1991) reportaram que a máxima produção de proteína microbiana é alcançada quando as rações contêm de 10 a 13% de PDR e 56% de CNF.

Constam na Tabela 8 as exigências previstas pelo NRC (2001) e as obtidas para as vacas utilizadas no neste estudo. Avaliando os dados de consumo de MS previstos pelo NRC (2001) para vacas produzindo de 27,4 a 30 kg de leite, observa-se que os consumos variaram de 18,9 a 19,8 kg/dia, valores próximos aos 19,1 kg MS/dia observados para vacas produzindo 29,1 kg de leite, ou seja, alimentadas com concentrado contendo 26% de PB. De maneira semelhante, os consumos de NDT previstos pelo NRC (2001) de 12 a 12,8 kg/dia foram muito próximos aos valores de 12,1 e 13,1 kg de NDT/dia observados para vacas produzindo 27,4 e 29,1 kg de leite por dia, respectivamente.

Comparando as exigências de proteína para vacas produzindo 30 kg de leite/dia, observa-se valores previstos pelo NRC (2001), de 3.373, 1.960 e 1.413 g/dia, respectivamente, para PB, PDR e PNDR, enquanto, nesta pesquisa, foram de 3.010, 1.903 e 1.179 g/dia, respectivamente, que são, aproximadamente 10% inferiores para PB. Assim, os valores de proteína que resultaram em máxima produção de leite neste estudo foram 15,5% de PB (9,96% de PDR e 5,54% de PNDR) na MS total da dieta, ou 26% de PB na base da MN do concentrado. O NRC (2001) sugeriu também um valor de 10,2% de PDR na base da MS, para vacas produzindo aproximadamente 32 kg de leite diariamente.

Tabela 8 - Consumos médios diários de matéria seca (CMS), proteína bruta (CPB), proteína degradável no rúmen (CPDR), proteína não-degradável no rúmen (CPNDR) e exigências nutricionais de proteína e energia preditas pelo NRC (2001) e obtidas no presente experimento para vacas com 550 kg, produzindo diariamente de 25 a 30 kg de leite com 3,5% de gordura, sem variação de peso corporal, na 10ª semana de lactação

Table 8 - Average daily intakes of dry matter (DMI), crude protein (CPI), rumen degradable protein (RDPI), rumen undegradable protein (RUPI) and energy and protein requirements predicted for the NRC (2001) and obtained in the present experiment for cows in tenth week in milk, live weight 550 kg, without body weight change and daily milk production of 25 at 30 kg with 3.5% fat

| Item | Predito pelo NRC (2001) | | | Observado | |
|-----------------------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------|------|
| | NRC (2001) predicted | | | Observed | |
| | 25 | 27,4 | 30 | 27,4 | 29,1 |
| CMS (kg/dia) | 18,2 | 18,9 | 19,8 | 18,0 | 19,1 |
| DMI (kg/day) | | | | | |
| CPB (g/dia) | 2940 | 3147 | 3373 | 2350 | 3010 |
| CPI (g/day) | | | | | |
| CPDR (g/dia) | 1736 | 1843 | 1960 | 1483 | 1903 |
| RDPI (g/day) | | | | | |
| CPNDR (g/dia) | 1204 | 1304 | 1413 | 867 | 1179 |
| RUPI (g/day) | | | | | |
| CPM (g/dia) ¹ | 1784 | 1.902 | 2052 | | |
| MPI (g/day) ¹ | | | | | |
| EL _L (Mcal/dia) ² | 26,6 | 28,2 | 30,1 | | |
| NE _L (Mcal/day) ² | | | | | |
| NDT (kg/dia) ³ | 11,3 ⁴ | 12,0 ⁴ | 12,8 ⁴ | 12,1 | 13,1 |
| TDN (kg/day) ³ | | | | | |

¹ Consumo de proteína metabolizável (*metabolizable protein intake*).

² Energia líquida de lactação (*net energy lactation*).

³ Consumo de nutrientes digestíveis totais (*total digestible nutrients intake*).

⁴ Estimado: $EL_L/0,65 \times 0,82 \times 4,409$ (*Estimated: $NE_L/0,65 \times 0,82 \times 4,409$*).

Conclusões

Recomenda-se para vacas leiteiras no terço inicial da lactação, produzindo entre 25 e 30 kg de leite por dia e alimentadas com 60% de silagem de milho, concentrado com 26% de PB na matéria natural ou 15,5% de PB na MS da dieta total.

Literatura Citada

- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1370-1381, 2003.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility of different diets with internal markers: evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.
- CONRAD, M.K.; 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.54-62, 1964.
- CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JOHNSON, T.R. et al. Influence of source and amount of dietary protein on milk yield by cows in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.4, p.620-630, 1996.
- CRESSMAN, S.G.; GRIEVE, D.G.; MACLEOD, E.E. et al. Influence of dietary protein concentration on milk production by dairy cattle in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.11, p.1839-1847, 1980.
- DINN, N.E.; SHELFORD, J.A.; FISHER, L.J. Use of the Cornell Net Carbohydrate and Protein System and rumen-protected lysine and methionine to reduce nitrogen excretion from lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.1, p.229-237, 1998.
- 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.
- KALSCHUR, K.F.; VANDERSALL, J.H.; ERDMAN, R.A. et al. Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.3, p.545-554, 1999.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of animal function. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1548 -1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.1-32.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FOHEY JR, G.C. (Ed). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: ASA-CSSA-SSSA. p.450-532. 1994.
- MISRA, A.K.; THAKUR, S.S. Effect of dietary supplementation of sodium salt of isobutyric acid on mineral fermentation and nutrient utilization in a wheat straw based low protein diet fed to crossbred cattle. **Journal of Animal Science**, v.14, n.2, p.479-484, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1989. 158p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed.rev. Washington, D.C.: National Academic Press, 2001. 381p.
- 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.
- OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1358-1366, 2001.
- PAUL, J.W.; DINN, N.E.; DANNANGARA, T.; FISHER, L.J. Protein content in dairy cattle diets affects ammonia losses

- and fertilizer nitrogen value. **Journal of Environmental Quality**, v.27, p.528-534, 1998.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PREGNOLATO, W.; PREGNOLATO, N.P. Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. v.1, 1985. 533p.
- 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.3182-313, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R. BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.9, p.2463-2472, 1992.
- SMITS, M.C.J.; VALK, H; ELZING, A.; KEEN, A. Effect of protein nutrition on ammonia from a cubicle house for dairy cattle. **Livestock Production Science**, v.44, n.1, p.47-156, 1995.
- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. et al. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: Strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.10, p.3160-3178, 1993.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.S. A net carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- STOKES, S.R.; GOETSCH, A.L.; JONES, A.L. et al. Feed intake and digestion by beef cows fed prairie hay with different levels of soybean meal and receiving postruminal administration of antibiotics. **Journal of Dairy Science**, v.66, n.6, p.1778-1789, 1988.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Viçosa, MG: 1999. (Apostila)
- VAGNONI, D.B.; BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. et al. Excretion of purine derivatives by holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.8, p.1695-1702, 1997.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 1. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1252-1258, 1997.
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência de síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES. 1995, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388.
- VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D. et al. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.1, p.106-114, 2000.
- WATTIAUX, M.A. Energy and protein metabolism. In: **Technical dairy guide: nutrition and feeding**. Madison: University Wisconsin, 1994. p.33-34.
- WILSON, J.R.; KENNEDY, P.M. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. **Australian Journal of Agriculture Research**, v.47, n.1, p.199-225, 1996.
- WITTWER, F. Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia. In: GONZALEZ, F.H.D.; BARCELLOS, J.O.; OSPINA, H. et al. (Eds.) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000. p.9-22.
- WU, Z.; SATTER, L.D. Milk production during the complete lactation of dairy cows fed diets containing different amount of protein. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.5, p.1042-1051, 2000.

Recebido em: 16/12/03

Aceito em: 16/02/05