



Níveis de concentrados para vacas de leite em sistema confinado e sua implicação na composição e produção do leite

Concentrated levels for dairy cattle raised on a confined system and its implication on milk production and composition

Joabe Jobson de Oliveira Pimentel¹, Rogério de Paula Lana², André Soares de Oliveira³, Rafael Monteiro Araújo Teixeira⁴, Daniel Carneiro de Abreu², Caren Paludo Ghedini², Mozart Alves Fonseca², Ricardo Marostegan de Paula²

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus de Teixeira de Freitas, Rodovia BR 101 km 882, Zona Rural, Teixeira Freitas, BA 45995-970. E-mail: jobsonpimentel@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Viçosa (UFV), Departamento de Zootecnia, Viçosa, MG

³Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Campus de Sinop, MT

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Campus Uberaba, Uberaba, MG

Recebido em: 18/10/2012

Aceito em: 21/06/2013

Resumo. Avaliaram-se os efeitos da quantidade de concentrado sobre a produção e composição do leite de vacas mestiças Holandês-Zebu com peso médio de 515 ± 38 kg, entre a 3^a e 5^a lactações, recebendo cana-de-açúcar acrescida de 0,25% de mistura ureia/sulfato de amônia como volumoso. Oito vacas foram distribuídas em dois quadrados latinos 4x4 e os tratamentos consistiram de um controle onde apenas sal mineral foi fornecido e três níveis de concentrados: 1,25; 2,5; e 5,0 kg animal⁻¹ dia⁻¹ à base de milho, farelo de soja, mistura de ureia/sulfato de amônia 9:1 e sal mineral. O experimento foi analisado em quadrado latino (QL) incluindo efeitos de tratamento, QL, animal/QL e período/QL. Não houve efeito de tratamento para as variáveis analisadas, mas houve tendência de resposta curvilínea na produção de leite, seguindo o relacionamento de Michaelis-Menten, sendo explicada pela seguinte equação de Lineweaver-Burk: $1/\text{leite} = 0,0065*(1/\text{supl}) + 0,1093$; $r^2 = 0,96$. A produção máxima teórica de leite (1/a) foi de 9,1 kg animal⁻¹ dia⁻¹, e a quantidade de concentrado para causar metade da produção máxima de leite (b/a) foi verificada com 5,2% daquela para atingir 95% da resposta máxima. O aumento marginal na produção de leite reduz com a suplementação, sendo diferente do NRC 2001, que considera resposta linear ao suprimento de energia ou de proteína.

Palavras-chave. Cana-de-açúcar, Lineweaver-Burk, Michaelis-Menten, resposta produtiva, suplemento

Abstract. It was assessed the effects of concentrate on milk production and composition of crossbred dairy cattle Holstein-Zebu with mean body weight of 515 ± 38 kg, between the 3rd and 5th lactations, fed with chopped sugarcane and 0.25% of urea and sulfate of ammonia. Eight cows were distributed in two 4x4 Latin squares and the treatments were a control which only mineral mixture was supplemented and three concentrate levels: 1.25; 2.5; and 5.0 kg animal⁻¹ day⁻¹ based on corn meal, soybean meal, mixture of urea and sulfate of ammonia 9:1 and mineral salt. The experiment was analyzed as Latin square (LS) including effects of treatment, LS, animal/LS and period/LS. There were no treatments effects on the variables assessed, but there was a trend of curvilinear response in milk production, following the Michaelis-Menten relationship, being explained by the following equation of Lineweaver-Burk: $1/\text{milk} = 0.0065*(1/\text{suppl}) + 0.1093$; $r^2 = 0.96$. The theoretical maximum milk production (1/a) was of 9.1 kg animal⁻¹ day⁻¹, and the amount of concentrate to cause half maximum milk production (b/a) was verified with 5.2% of that needed to reach 95% maximum response. Therefore, the marginal increase in milk production decreases with supplementation, being different from NRC 2001, that considers linear response to the supply of both energy and protein.

Keywords. Lineweaver-Burk, Michaelis-Menten, milk response, sugar cane, supplement



Introdução

No Brasil a produção de leite tem crescido em ritmo acelerado nos últimos anos e hoje já é maior que o consumo, havendo necessidade de exportar os excedentes (Carvalho et al., 2006). De acordo com os referidos autores, esta situação tende a ocasionar uma pressão pela queda dos preços pagos ao produtor. Felizmente, a demanda mundial por produtos lácteos cresce em ritmo mais acelerado que a produção, o que tem gerado uma significativa valorização destes no mercado internacional e possibilitado crescimento das nossas exportações.

Neste cenário percebemos que há grandes possibilidades de expansão da produção de leite no Brasil, podendo ser esta uma boa opção de investimento a médio e longo prazo. Porém, tanto para o mercado interno quanto o externo, é preciso produzir a baixo custo e com isso alcançar competitividade. No custo de produção do leite a alimentação é o item de maior peso podendo representar 60% deste (Hoffmann et al., 1987).

Na estação chuvosa, as gramíneas tropicais, quando bem manejadas, fornecem alimento de alta qualidade a um custo muito reduzido. Porém, no período da seca a produção de massa e a qualidade das pastagens caem drasticamente, havendo necessidade de fornecer alimentação suplementar às vacas leiteiras (Paiva et al., 1991).

Entre as opções de forrageiras para suplementação no período de estiagem, a cana-de-açúcar tem se destacado pelo alto potencial de produção e pelo custo relativamente mais baixo quando comparado aos alimentos tradicionais como as silagens de milho e de sorgo (Mendonça et al., 2004). Porém, com relação ao valor nutritivo a cana-de-açúcar apresenta fortes limitações principalmente quanto ao conteúdo de proteína e minerais e devido à lenta degradação da sua porção fibrosa o que limita o consumo desta forrageira, gerando dificuldade em atender os requerimentos nutricionais para uma boa produção de leite (Magalhães et al., 2004).

Enquanto no passado se concluiu que a cana-de-açúcar não seria um alimento adequado para vacas em lactação (Paiva et al., 1991), trabalhos recentes têm mostrado que a adequada suplementação da cana-de-açúcar pode permitir produções de até 30 kg de leite por vaca ao dia. Isso mostra que o potencial da cana-de-açúcar como forrageira deve ser mais bem avaliado. Apesar de

relatos mencionarem o uso da cana de açúcar como suplementos para animais já em 1913 (Queiróz et al., 2008), o verdadeiro potencial da cana-de-açúcar ainda está por ser descoberto. Este experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar níveis de suplementação concentrada para vacas leiteiras recebendo cana-de-açúcar como volumoso.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na fazenda experimental de Cachoeirinha, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG. A cidade de Viçosa está localizada na Zona da Mata de Minas Gerais tendo com coordenadas geográficas a posição 20°45'20" de latitude sul e 45°52'40" de longitude oeste de Greenwich e altitude de 651 metros. O clima é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo a classificação de Köepen, apresentando duas estações bem definidas, onde os verões são quentes e úmidos e os invernos secos e frios. A precipitação pluviométrica média é de 1.341,2 mm anual. As médias de temperaturas máximas e mínimas são 26,1 e 14,0°C, respectivamente (UFV, 1997).

Foram utilizadas oito vacas mestiças (Holandês x Zebu) em lactação, com peso médio de 515 ± 38 kg, entre a 3ª e 5ª lactações e produção de leite média de 12,1 kg no início do experimento, distribuídas em dois quadrados latinos (4 x 4), de acordo com a produção de leite, observando-se médias ao início do experimento de 183 e 84 dias em lactação, para o primeiro e segundo quadrados latinos, respectivamente, no início do experimento.

Os animais foram todos alojados em um mesmo curral de confinamento com piso de concreto e cocho coberto onde receberam como volumoso duas vezes ao dia, às 7:30 h e 16:30 h, a cana-de-açúcar picada, variedade RB 855536. Acrescentou-se à cana-de-açúcar 0,25% de mistura ureia/sulfato de amônia 9:1, para permitir teor mínimo de proteína bruta de 7% visando ao normal funcionamento do rúmen e maximização do consumo de volumoso pelos animais recebendo a dieta controle.

O experimento constou de um tratamento testemunha onde os animais receberam apenas sal mineral (0,180 kg dia⁻¹) em suplementação à cana-de-açúcar corrigida, e três tratamentos onde foram fornecidos 1,25; 2,50 e 5,00 kg de concentrado por vaca por dia, sendo os suplementos compostos de



milho grão moído, farelo de soja, ureia, sulfato de amônia e mistura mineral, cujas proporções estão descritas na Tabela 1 e a composição químico-bromatológica dos suplementos e da cana-de-açúcar na Tabela 2. A mistura mineral utilizada foi um produto comercial contendo em sua formulação

fosfato bicálcico, cloreto de sódio e demais fontes de macro e microelementos. Antes do início do experimento todos os animais passaram por um período de adaptação onde receberam dois kg de concentrado contendo 22% de proteína bruta.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes utilizados nas dietas, expressa na matéria natural (%)

Ingrediente	Tratamento (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)			
	0,180	1,250	2,500	5,000
Milho	-	0,0	42,2	75,4
Farelo de soja	-	76,0	46,2	18,8
Ureia/sulfato de amônio	-	11,5	5,9	2,9
Mistura mineral*	100	12,5	5,7	2,9

*Suplemento mineral comercial contendo 18,9% de cálcio e 8,8% de fósforo.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica dos suplementos e da cana-de-açúcar

Constituintes ^{1,2}	Suplemento (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)				Cana-de-açúcar
	0,18	1,25	2,50	5,00	
MS	99,15	88,7	88,53	88,01	28,64
MO	0,49	82,77	90,67	93,28	96,75
MM	99,51	17,23	9,33	6,72	3,25
PB	-	69,65	39,24	24,09	3,08
EE	-	1,27	2,47	3,36	1,54
FDN	-	-	-	-	45,27
FDA	-	-	-	-	29,13
Lig	-	-	-	-	3,61
Ca	19,2	3,41	1,64	0,84	0,20
P	9,1	1,64	0,93	0,58	0,06

¹MS - matéria seca (% da matéria natural). ²% da matéria seca: MO - matéria orgânica; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; LIG - lignina; Ca - cálcio, P - fósforo.

O experimento foi conduzido em dois quadrados latinos simultâneos, com quatro períodos experimentais com duração de 15 dias, sendo os primeiros 11 dias para adaptação dos animais aos tratamentos e quatro dias para coleta de dados.

Os suplementos foram calculados de maneira que em todos os tratamentos, os animais recebessem a mesma quantidade de minerais e para os tratamentos dois, três e quatro a mesma quantidade de ureia e proteína bruta, sendo variável o fornecimento de energia via suplemento. Os suplementos foram fornecidos individualmente no momento da ordenha, em duas porções, durante as ordenhas da manhã e da tarde.

A cana foi fornecida em grupo em quantidade suficiente para permitir sobras entre 5 e 10%. Todos os dias pela manhã as sobras foram retiradas do cocho e descartadas, sendo fornecida a nova alimentação. Entre as ordenhas e no período da noite

os animais permaneceram confinados em galpão com piso de concreto, com cocho coberto tendo livre acesso a uma área de descanso de chão batido, para evitar problemas de casco, não tendo acesso a nenhuma pastagem.

As vacas foram ordenhadas manualmente com a presença do bezerro, duas vezes ao dia, às 6:00 e 16:00 horas. Nos últimos quatro dias de cada período experimental foi feita pesagem do leite de onde foi retirada uma média para cada animal. A produção de leite corrigida (PLC) para 3,5% de gordura (G) foi calculada segundo Sklan et al. (1992): PLC = (0,432 + 0,1625 x teor de gordura em %) x produção de leite em kg dia⁻¹.

Amostras de leite de aproximadamente 100 mL, da 1ª e 2ª ordenhas do 15º dia foram coletadas e compostas por animal para determinação do teor de proteína, gordura, lactose, extrato seco total e contagem de células somáticas realizadas pelo



laboratório de qualidade do leite do Centro Nacional de Pesquisas de Gado de Leite, CNPGL-EMBRAPA, em Juiz de Fora, MG.

Nos quatro últimos dias de cada período experimental foram coletadas amostras dos suplementos fornecidos e da cana-de-açúcar. O preparo das amostras dos alimentos, e as análises de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, lignina, cálcio e fósforo foram feitas segundo (Silva & Queiroz, 2006).

O peso de cada animal foi obtido pela média dos pesos ao início e final de cada período experimental em balança eletrônica Toledo®. Os pesos dos animais corresponderam às médias de três pesagens feitas nos últimos três dias de cada período experimental, realizadas logo após a ordenha da manhã e antes do fornecimento dos alimentos.

Foi feita análise das variáveis em delineamento quadrado latino. O modelo estatístico incluiu efeitos de tratamento ou níveis de concentrado, quadrado latino, animal dentro de quadrado latino e período dentro de quadrado latino. As análises foram realizadas utilizando o procedimento GLM do MINITAB (Ryan & Joiner, 1994), a 5% de probabilidade, conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + N_i + Q_j + A_k/Q_j + P_l/Q_j + E_{ijkl}$$

em que Y_{ijkl} é a observação referente ao i -ésimo nível de concentrado, j -ésimo quadrado latino, k -ésimo animal dentro de j -ésimo quadrado latino e l -ésimo período dentro de j -ésimo quadrado latino; μ , média geral; N_i , efeito de nível de concentrado $i = 1, 2, 3$ e 4 (linear, quadrático e cúbico); Q_j , efeito de quadrado latino $j = 1$ e 2 ; A_k/Q_j , efeito do animal k dentro do quadrado latino j , $k = 1, 2, 3$, e 4 ; P_l/Q_j , efeito do período l dentro do quadrado latino j , $l = 1, 2, 3$, e 4 ; e E_{ijkl} , erro aleatório associado a cada observação.

Resultado e Discussão

O teor de proteína bruta no tratamento controle não foi suficiente nem mesmo para atender à demanda microbiana ruminal, para estimular a fermentação da fibra, que deveria ser em torno de 6% da matéria seca total (NRC, 2001). No tratamento controle, o teor de proteína bruta da dieta consumida foi de 3% (Tabela 3), correspondente à proteína da cana-de-açúcar (Tabela 2).

O consumo de proteína bruta foi bem mais elevado nos demais tratamentos que no controle (Tabela 3), com pouca variação entre eles, como esperado, uma vez que aumentou-se o teor de proteína nos suplementos para os menores níveis de fornecimento diários (Tabela 2).

Tabela 3. Consumo de matéria seca e dos demais constituintes das dietas (kg animal⁻¹ dia⁻¹), teores de proteína bruta, de nutrientes digestíveis totais e proporção volumoso:concentrado da dieta consumida

Item ¹	Suplemento (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)			
	0,18	1,25	2,50	5,00
CMS				
Cana ²	11,2	11,2	11,2	11,2
Suplemento	0,15	1,11	2,21	4,40
Total	11,35	12,31	13,41	15,60
CMO	10,84	11,75	12,84	14,94
CMM	0,513	0,555	0,570	0,660
CPB	0,345	1,117	1,213	1,405
CEE	0,172	0,187	0,227	0,320
CFDN	5,070	5,203	5,336	5,598
CFDA	3,263	3,396	3,528	3,791
CLig	0,404	0,537	0,670	0,932
CCa	0,051	0,060	0,059	0,059
CP	0,020	0,025	0,027	0,032
%PB	3,04	9,08	9,05	9,01
%NDT	60,4	61,1	62,9	66,2
Proporção V:C	99:1	91:9	84:16	72:28

¹CMS – consumo de matéria seca; C – consumo de MO (matéria orgânica), MM (matéria mineral), PB (proteína bruta), EE (extrato etéreo), FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido), Lig (lignina), Ca (cálcio) e P (fósforo); %PB – porcentagem de proteína bruta; %NDT – porcentagem de nutrientes digestíveis totais; V:C – volumoso:concentrado. ²Consumo de cana vaca⁻¹ dia⁻¹ com base em média de consumo em baía coletiva.



Entretanto, os valores observados de 9% de proteína bruta nas dietas dos três níveis de suplementos não foram suficientes para atender à exigência de vacas com 400 kg de peso corporal e produção de 10 kg de leite dia⁻¹, que é de 13,4% de proteína bruta na matéria seca (Lana, 2007, com dados adaptados do NRC, 2001). Por outro lado, se não fosse utilizado níveis variáveis de proteína nos suplementos, a deficiência de proteína seria ainda maior, não atingindo nem mesmo os 9% de proteína bruta nos níveis mais baixos de suplementação. Por isto, quando se utiliza baixo nível de suplementação, o nutricionista deve aumentar o teor de proteína no suplemento concentrado.

O consumo médio diário de cana-de-açúcar foi de 39,5 kg na matéria natural, calculado a partir de consumo medido em cocho coletivo para todos os animais do experimento, equivale a 11,2 kg de matéria seca vaca⁻¹ dia⁻¹ (Tabela 3). Este valor corresponde a 2,17% do peso corporal em consumo de MS/vaca/dia e 0,98% do peso corporal em consumo de FDN vaca⁻¹ dia⁻¹, que está abaixo de 1,2%, apontado como limite máximo para consumo de FDN, de acordo com Mertens (1994).

Entretanto, o consumo médio de cana de 11,2 kg de matéria seca vaca⁻¹ dia⁻¹ é superior àqueles encontrados na literatura consultada (Magalhães et al., 2004; Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Aquino et al., 2007; Oliveira et al., 2007), devido ao uso de menores quantidades de concentrado em relação aos demais trabalhos (abaixo de 30%; Tabela 3), sabendo-se que maiores quantidades de concentrado favorecem a substituição de volumoso por concentrado (Bargo et al., 2003). Outro fator

que pode ter favorecido maior consumo de cana-de-açúcar neste estudo se deve possivelmente à menor inclusão de ureia na cana corrigida, já que níveis mais elevados de nitrogênio não proteico podem provocar inibição de consumo de MS (Silva et al., 2001).

Para os dados de produção de leite, produção de leite corrigida para 3,5% de gordura e teores de proteína, gordura, lactose, extrato seco total, de acordo com os tratamentos (Tabela 4), não houve efeito de tratamento ($p > 0,05$). Ao avaliar as dietas utilizadas nestes experimentos (Tabela 3), constatamos que o tratamento contendo 2,5 kg de concentrado aproximou e aquele contendo 5,0 kg ultrapassou a exigência de energia de vacas com 400 kg de peso corporal e produção de 10 kg de leite dia⁻¹, que é de 63,9% de nutrientes digestíveis totais na matéria seca (Lana, 2007, com dados adaptados do NRC, 2001), além da maior eficiência de uso de nutrientes nos mais baixos níveis de suplementação (Lana, 2009), justificando assim a falta de efeito na produção de leite.

Embora sem significância estatística, a média de produção de leite por tratamento apresentou comportamento curvilíneo com o aumento do nível de suplementação (Figura 1), sendo explicada pela seguinte equação: $1 / \text{Leite} = 0,0065 * (1 / \text{concentrado}) + 0,1093$; $r^2 = 0,96$ (Figura 2). A produção máxima teórica de leite (1/a) foi de 9,1 kg animal⁻¹ dia⁻¹ e a quantidade de concentrado para causar metade da produção máxima (b/a) foi verificada com 5,2% da suplementação necessária para atingir 95% da produção máxima.

Tabela 4. Produção de leite sem (PL) e com (PLC) correção para 3,5% de gordura e composição média do leite para gordura (EE), proteína bruta (PB), lactose (LAC), extrato seco total (EST) e respectivos coeficientes de variação (CV%)

Item	Suplemento (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)				CV %
	0,18	1,25	2,50	5,00	
PL (kg dia ⁻¹)	6,90	8,36	9,12	9,25	12,94
PLC (kg dia ⁻¹)	6,54	7,68	8,61	8,61	17,56
GL (%)	3,18	3,00	3,15	3,13	18,74
PB (%)	3,08	3,22	3,22	3,15	4,77
LAC (%)	4,21	4,27	4,35	4,35	6,77
EST (%)	11,4	11,4	11,6	11,6	6,93

A resposta marginal em produção de leite foi de 1,37; 0,6 e 0,05 kg de leite por kg de concentrado, respectivamente, para os níveis de 1,25; 2,5 e 5,0 kg de concentrado, em relação ao nível inferior. Estes resultados concordam com

Silva et al. (2009), Lana et al. (2011) e Oliveira et al. (2011) que relatam respostas decrescentes com o aumento do nível de suplementação. São raros os trabalhos com cana-de-açúcar onde foram utilizados níveis crescentes de concentrados. Mendonça et al.

(2004) trabalharam com cana-de-açúcar corrigida com 1% de ureia suplementada com duas proporções de concentrados, 40 ou 50% da MS, em que a resposta marginal ao incremento da suplementação foi de 0,89 kg de leite por kg de concentrado. Em trabalho de Costa et al. (2005), onde foram utilizadas proporções crescentes de concentrados, podem-se verificar respostas marginais de 0,30 e 0,54 kg de leite por kg de

concentrado adicional. Valor mais elevado, de 1,8 kg de leite por kg de concentrado, foi observado em apenas um experimento com o uso de caroço de algodão (Lana, 2004; Lana et al., 2005). A resposta em produção de leite determina se a suplementação é economicamente viável ou não, baseado nos preços do leite e do concentrado (Bargo et al., 2003).

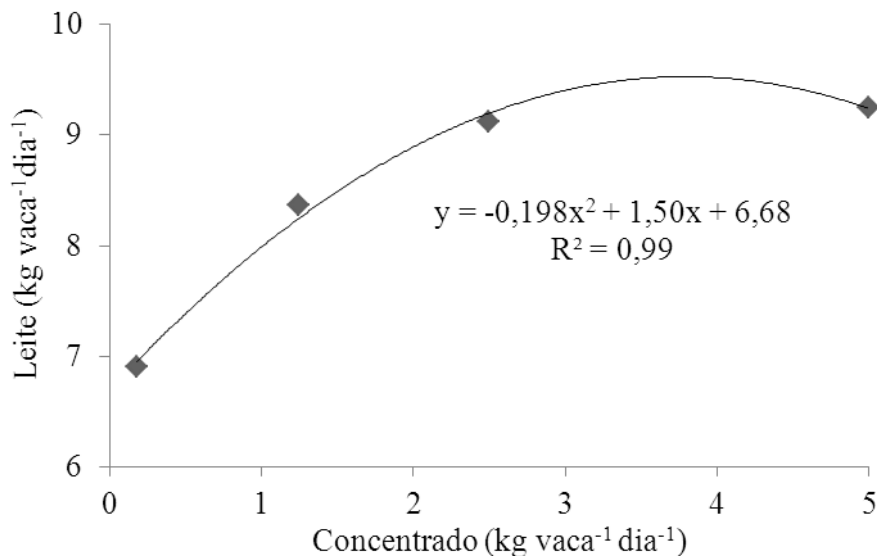


Figura 1. Produção de leite segundo os níveis de suplementação concentrada.

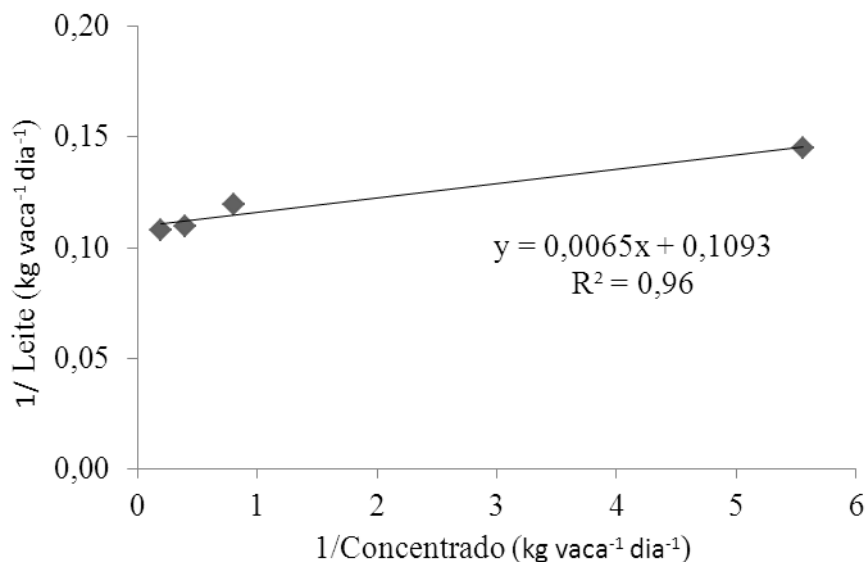


Figura 2. Recíproca da produção de leite pela quantidade de concentrado.

A redução da resposta marginal com aumento da suplementação contraria o NRC (2001) que considera resposta linear para o suprimento de energia e proteína. Lekchom et al. (1989), Bargo et

al. (2003) e Pimentel et al. (2006) também verificaram aumento decrescente na produção de leite com o aumento no fornecimento de concentrado e os primeiros constataram, ainda,



decréscimo progressivo na renda líquida para níveis de suplementação acima de 2,5 kg de concentrado animal⁻¹ dia⁻¹.

As produções de leite verificadas para os tratamentos onde foram fornecidos concentrados (Tabela 4) foram semelhantes à produção encontrada por Paiva et al. (1991) ao fornecer 4 kg de concentrado/vaca/dia em dieta à base de cana-de-açúcar. Estes autores concluíram que a cana-de-açúcar não seria um bom volumoso para vacas produzindo em torno de 12 kg por dia, pois esta limitaria a produção de leite. Cordeiro et al. (2007) encontraram produções de leite variando de 10,2 a 13,3 kg por vaca por dia quando variou o teor de proteína bruta da dieta de 11,5 a 16% em que a cana participava em 60% da dieta. Entretanto, recentemente, utilizando maiores quantidades de concentrados e em rebanhos mais especializados para produção de leite, diversos autores encontraram produções significativamente mais elevadas (17 a 24 kg de leite vaca⁻¹ dia⁻¹) utilizando a cana-de-açúcar como único volumoso (Magalhães et al., 2004; Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Oliveira et al., 2007; Aquino et al., 2007; Pires et al., 2008; e Queiroz et al., 2008). Estes autores concluíram que a cana-de-açúcar pode ser utilizada como único volumoso para vacas leiteiras com produções de 20

kg ou mais de leite por dia, desde que se utilizem maiores quantidades de concentrados, ficando a decisão de utilizá-la na dependência exclusiva de fatores econômicos.

Em todos os tratamentos houve perda acentuada de peso, não se observando diferenças entre os níveis de suplementação (Tabela 5). Na literatura consultada, muito pouco pode ser encontrado sobre variação de peso vivo de vacas consumindo dietas com cana-de-açúcar. Cordeiro et al. (2007) trabalhando com níveis crescentes de proteína em dieta onde a cana-de-açúcar era o volumoso, encontraram variação de peso negativa para as dietas contendo 11,5; 13,0 e 14,5% de PB e positiva para a dieta com 16% de PB, com valores de -1,53; -0,20; -0,03 e 0,50 kg, respectivamente. Cunningham et al. (1996) concluíram que dietas contendo maiores quantidades de PB e PNDR melhoram a produção e a composição do leite, como consequência dos altos fluxos de N e aminoácidos essenciais para o intestino. O baixo incremento em produção de leite com o aumento dos níveis de suplementação, verificados no presente experimento, provavelmente se devem ao fenômeno da saturação enzimática, conforme relatado por Lana (2009).

Tabela 5. Variações de peso vivo diário (kg) segundo os tratamentos e períodos experimentais

	Suplemento (kg vaca ⁻¹ dia ⁻¹)			
	0,18	1,25	2,50	5,00
Período I	-1,024	-1,190	-0,929	-1,643
Período II	-1,167	-0,369	0,060	-0,548
Período III	-1,060	0,155	-0,405	-1,238
Período IV	0,154	1,202	0,619	-0,440
Média	-0,774	-0,051	-0,164	-0,967

Conclusões

A resposta marginal na produção de leite em vacas leiteiras consumindo cana-de-açúcar como volumoso diminui com o aumento da quantidade de concentrado fornecida.

A suplementação de vacas leiteiras com níveis entre zero e cinco kg de concentrado/dia não afeta a composição do leite.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro a este estudo.

Referências

- AQUINO, A.A.; BOTARO, B.G.; IKEDA, F.S.; RODRIGUES, P.H.M.; MARTINS, M.F.; SANTOS, M.V. Efeito de níveis crescentes de uréia na dieta de vacas em lactação sobre produção e a composição físico-química do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.881-887, 2007.
- BARGO, F.; MULLER, L.D.; KOLVER, E.S.; DELAHOY, J.E. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.1, p.1-42, 2003.



CARVALHO, G.R.; CARNEIRO, A.V.; STOCKS, L.A. O Brasil no cenário mundial de lácteos. 1. ed. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, Comunicado Técnico 51, 2006. 8p.

CORDEIRO, C.F.A.; PEREIRA, M.L.A.; MENDONÇA, S.S.; ALMEIDA, P.J.P.; AGUIAR, L.V.; FIGUEIREDO, M.P. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes e produção e composição do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de proteína bruta na dieta contendo cana-de-açúcar e concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2118-2126, 2007.

COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2437-2445, 2005.

CUNNINGHAM, K.D.; CECAVA, M.J.; JOHNSON, T.R.; LUDDEN, P.A. 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.

HOFFMANN, R.; SERRANO, O.; NEVES, E.M. **Administração da Empresa Agrícola**. 5. Ed. São Paulo: Pioneira, 1987. 325p.

LANA, R.P. Efficiency of use of concentrate ration on weight gain and milk production by cattle under tropical pasture and intensive conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.82, n.1, p.222, 2004.

LANA, R.P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. 4.Ed. Viçosa: Editora UFV, 2007. 91p.

LANA, R.P. Uso racional de recursos naturais não-renováveis: aspectos biológicos, econômicos e ambientais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.330-340, 2009.

LANA, R.P.; ABREU, D.C.; CASTRO, P.F.C.B.; TEIXEIRA, R.M.A.; ZAMPERLINE, B.; SOUZA, B.S.B.C. Produção de leite por vacas mestiças em função da suplementação com concentrados energéticos e/ou protéicos a pasto ou confinadas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.1, p.140-145, 2011.

LANA, R.P.; GOES, R.H.T.B.; MOREIRA, L.M.; MÂNCIO, A.B.; FONSECA, D.M. Nova sistemática de avaliação de respostas produtivas (crescimento animal, vegetal, microbiano e produção de leite) ao suprimento variável de nutrientes. In: LANA, R.P. (Ed.) **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005. p.265-292.

LEKCHOM, C.; WITAYANUPARPYUNYONG, K.; SUKPITAKSAKUL, B.; WATKIN, P.R. The use of improved pastures by grazing dairy cows for economic milk production in Thailand. **Anais...** Nice: XVI International Grassland Congress, p.1160-1164, 1989.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; MENDES NETO, J.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage quality, evaluation, and utilization**. Lincoln: University of Nebraska, 1994. p.450-493.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS, A.J.; TEIXEIRAS, R.M.A.; RENNO, L.N.; PINA, D.S.; OLIVEIRA, G.S. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1172-1182, 2007.



- OLIVEIRA, T.S.; LANA, R.P.; GUIMARÃES, G. Crescimento animal e produção de leite em função do suprimento de nutrientes seguem o modelo de saturação cinética de Michaelis-Menten. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.1, n.2, p.91-99, 2011.
- PAIVA, J.A.J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M.; VERNEQUE, R.S. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.2, p.145-154, 1991.
- PIMENTEL, J.J.O.; LANA, R.P.; ZAMPERLINE, B. Milk production as a function of nutrient supply follows a Michaelis-Menten relationship. **Journal of Animal Science**, v.84, n.1, p.74, 2006.
- PIRES, A.V.; SUSIN, I.; SIMAS, J.M.C.; SANTOS, F.A.P.; MENDES, C.Q.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C.; FERNANDES, J.J.R.; ARAUJO, R.C. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão nos parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana e utilização dos nutrientes em vacas lactantes. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.1, p.50-58, 2008.
- QUEIROZ, O.C.M.; NUSSIO, L.G.; SCHIMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.358-365, 2008.
- RYAN, B.F.; JOINER, B.L. **Minitab handbook**. 3rd Ed. Belmont, CA: Duxbury Press, 1994. 448p.
- SILVA, C.V.; LANA, R.P.; CAMPOS, J.M.S.; QUEIROZ, A.C.; LEÃO, M.I.; ABREU, D.C. Consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho de vacas leiteiras em pastejo com dietas com diversos níveis de concentrado e proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.7, p.1372-1380, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. 235p.
- SILVA, R.M.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, G.A.; OLIVEIRA, A.S. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1639-1649, 2001.
- SKLAN, D.; ASHKENAZI, R.; BRAUN, A.; DEVORIN, A.; TABORI, K. 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.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Dados climáticos**. Viçosa: Departamento de Engenharia Agrícola. Estação meteorológica, 1997. 86p.