



Eficiência de utilização da energia metabolizável em bovinos Nelore puros e cruzados submetidos a quatro níveis de concentrado na ração¹

José Antônio de Freitas², Augusto César de Queiroz³, Alecssandro Regal Dutra⁴, Ricardo Augusto Mendonça Vieira⁵, Rogério de Paula Lana³, Fernando de Paula Leonel⁶, Douglas Sampaio Henrique⁶, Adhemar Ventura de Lima⁷, Júlio César de Souza²

¹ Parte da tese de Doutorado em Zootecnia apresentada à Universidade Federal de Viçosa pelo primeiro autor. Apoio: CAPES

² Universidade Federal do Paraná – Palotina.

³ Universidade Federal de Viçosa – Viçosa – MG.

⁴ Universidade Estadual de Goiás – Goiânia – GO.

⁵ Professor da UENF – Campos dos Goytacazes, RJ.

⁶ Doutorando em Zootecnia – Universidade Federal de Viçosa.

⁷ Zootecnista.

RESUMO - Objetivou-se com este trabalho estimar as eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção (K_m) e ganho de peso (K_g) de bovinos Nelore puros e mestiços. Foram utilizados 72 bovinos machos, não-castrados, com idade inicial de 10 a 11 meses (18 Nelore, 18 F1 Nelore x Angus, 18 F1 Nelore x Pardo-Suíço e 18 F1 Nelore x Simental) e peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg, respectivamente. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo fatorial 4 x 4 m com três animais por grupo genético e quatro níveis de adição de concentrado (30, 40, 60 e 70% na MS). Três animais de cada grupo genético foram alocados no grupo manutenção e três foram abatidos no início do experimento. O consumo de energia metabolizável de manutenção (CEM_m), em kcal/kg^{0,75}, correspondeu ao ponto no qual o coeficiente entre a produção de calor em jejum (PCj) e os CEM foram mais próximos de 1. As eficiências de utilização da EM para manutenção (K_m) foram estimadas pela divisão da produção de calor em jejum pelo CEM_m . A eficiência de utilização da EM para ganho de peso (kg) foi estimada pela regressão entre a energia retida (kcal/kg^{0,75}) e o CEM_g . As exigências de EM foram obtidas dividindo-se as exigências líquidas pelo valor de K_m . Não houve influência significativa dos grupos genéticos e dos níveis de concentrado na ração sobre K_m e K_g , que apresentaram valores de 0,67 e 0,40, respectivamente. As exigências de EM para ganho (EM_g) e de EM total (EM_t) aumentaram com a elevação do peso vivo (PV). Por outro lado, as EM_t e EM_g por unidade de PCV decresceram com o aumento do PV, indicando maior eficiência de utilização da EM com a elevação do peso vivo dos animais.

Palavras-chave: bioenergética, gado de corte, ganho de peso, manutenção, nutrição

Net efficiency of metabolizable energy utilization of purebred and crossbred Nelore young bulls fed diets with different concentrate levels

ABSTRACT - The objective of this trial was to estimate the efficiency of utilization of metabolizable energy (MEEU) for maintenance (K_m) and weight gain (kg) of feedlot purebred and crossbred Nelore. Seventy-two young bulls averaging 10 to 11 months of age from four genetic groups: Nelore, F1 Nelore x Angus, F1 Nelore x Brown Swiss and F1 Nelore x Simental and initial average body weights of 286, 309, 333 and 310 kg, respectively, were used in this study. A completely randomized design with a 4x4 factorial arrangement was adopted and bulls from the four genetic groups were fed diets containing: 30, 40, 60 and 70% of concentrate on dry matter basis. Three animals from each genetic group were assigned to the maintenance group and other three were slaughtered at the beginning of the trial. The intake of metabolizable energy for maintenance (MMEI), expressed in Kcal/kg^{0.75}, corresponded to the point in which the coefficient between fasting heat production (FHP) and MMEI was closer to 1. The MEEU for maintenance (K_m) was estimated by dividing FHP by MEI_m while that for gain (K_g) was estimated by regressing retained energy (kcal/kg^{0.75}) on MEI_g . The ME requirements were obtained by dividing the net energy requirements by K_m . Genetic group and dietary level of concentrate did not significantly affect K_m and K_g that averaged 0.67 and 0.40, respectively. The ME requirements for gain (ME_g) and the total ME requirements (ME_t) followed the increase in body weight. However, the requirement of ME_t and ME_g per unit of empty body weight (EBW) decreased as body weight increased indicating a greater efficiency of metabolizable energy utilization.

Key Words: beef cattle, bioenergetic, body weight gain, maintenance, nutrition

Introdução

A energia, capacidade de realizar trabalho (Kleiber, 1975), é essencial para todos os processos vitais e sua deficiência manifesta-se na falta de crescimento, nas falhas na reprodução e na perda de reservas corporais, reduzindo a produtividade animal. É o componente que mais limita a produtividade animal, de modo que sua utilização pelos seres vivos tem sido alvo de inúmeros estudos importantes na zootecnia. Entre os animais de interesse zootécnico, os ruminantes são os que apresentam menor eficiência de utilização da energia do alimento para a produção de carne (Philips, 2001).

A energia contida nos alimentos, denominada energia bruta (EB), pode ser expressa em calorias (cal) ou em joules (J). Essa energia é liberada na forma de calor quando os alimentos são completamente oxidados. O valor da EB dos nutrientes varia de 3,8 a 9,4 kcal/g para glicose e gordura, respectivamente (Brody, 1945). Entretanto, quando considerados somente os alimentos utilizados na alimentação de ruminantes, este valor varia de 2,0 a 4,0 kcal/g (Garrett, 1980).

A energia líquida constitui a fração da energia ingerida disponível para o animal e pode ser utilizada para atividades de manutenção e produção (crescimento corporal, reprodução e produção de leite). A quantidade de EL disponível para manutenção e produção, bem como a quantidade da energia dissipada na forma de calor, depende da EM dos alimentos.

Segundo Blaxter (1962), a EM pode ser utilizada com diferentes eficiências para os diversos processos fisiológicos (manutenção, gestação, crescimento, engorda, lactação e trabalho).

Nos bovinos destinados à produção de carne, as exigências de energia para manutenção podem corresponder a 70% das exigências totais de energia dos animais (NRC, 1996), de modo que esta energia envolve os gastos com manutenção da homeotermia, da pressão sanguínea, do tônus muscular, da atividade cardíaca, da transmissão de impulsos nervosos, do transporte de íons através de membranas, da ingestão de alimentos, da locomoção etc. O restante da energia líquida é utilizado para a síntese de tecidos, proteína e gordura (Ferrell & Jenkins, 1985) – denominada energia líquida de ganho.

O NRC (1984) postula que a eficiência líquida ou parcial de utilização da EM para manutenção varia de 57,6 a 68,6% e para ganho de peso, de 29 a 47,3%, considerando a concentração de EM das rações de 2,0 e 3,2 Mcal/kg de MS, respectivamente. Segundo Garrett (1980), a eficiência de utilização da EM para manutenção (K_m) pode ser expressa pela

razão entre a produção de calor em jejum e o consumo de energia metabolizável (CEM) para manutenção. Por outro lado, a eficiência de utilização da EM para ganho de peso (K_g) é definida como a razão entre a EL para ganho e o consumo de EM para ganho.

A eficiência de utilização da energia para produção nos animais consiste em como a energia contida nos alimentos é retida na forma de produto animal (carne, gordura, leite etc). Essa eficiência pode variar conforme a composição da ração, a composição do ganho de peso (taxa de deposição de proteína e gordura), o grupo genético, a taxa de ganho, o ambiente e o estágio de crescimento dos animais (Kleiber, 1975).

Geay et al. (1984) verificaram que a eficiência de utilização da EM para deposição de gordura decresce à medida que se eleva o teor de fibra da dieta ou que a metabolizabilidade diminui. Segundo os autores, a metabolizabilidade do alimento pode ser descrita como o quociente (q) entre a EM e a EB dos alimentos. Para o mesmo consumo de EM, dietas contendo maiores valores de q (0,64 e 0,69) proporcionam maior ganho de peso, maior retenção de gordura e proteína e mais alta eficiência de utilização da EM para manutenção e ganho que aquelas com menores valores (0,49 e 0,54). Dietas ricas em concentrado e com mesmo valor de q proporcionam acréscimo na retenção de energia com o aumento no CEM. Entretanto, este aumento em bovinos inteiros foi menor que em novilhas.

A eficiência energética para síntese de proteína e tecido adiposo determina boa parte da variação na eficiência líquida de utilização da energia. A síntese de gordura é energeticamente mais eficiente (60 a 80%) que a de proteína (10 a 40%). A grande variação nas estimativas das eficiências de utilização da EM para síntese de proteína e gordura advém, em parte, das diferenças na composição das rações e, conseqüentemente, nos produtos finais da digestão (Garrett, 1980). Sundstol et al. (1980) verificaram que cordeiros alimentados com silagem de gramínea apresentaram K_m de 0,57, ao passo que aqueles recebendo gramínea juntamente com concentrado apresentaram eficiência de 0,75. Entretanto, os valores atribuídos à eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (k_g) para as mesmas dietas foram de 0,41 e 0,50, respectivamente.

Considerando a curva normal de crescimento de bovinos e os resultados obtidos por Geay (1984), que verificou maior eficiência de utilização da energia para síntese de gordura comparativamente à de proteína, pode-se afirmar que, na fase inicial de crescimento, ocorre menor eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso que na segunda fase, quando ocorre a desaceleração do crescimento.

Uma vez que a retenção de energia pode ser feita na forma de proteína ou de gordura, diferentes percentuais de cada componente no total de energia retida correspondem a diferentes eficiências de utilização da energia (Ferrell & Jenkins, 1998).

Old & Garrett (1985) desenvolveram trabalhos na área de bioenergética animal e verificaram maior eficiência de utilização da EM para deposição de gordura (0,58) que para deposição de proteína (0,11). Em vários outros estudos científicos sobre a eficiência de utilização de energia, tem-se constatado grande influência da idade e do grupo genético sobre a composição corporal dos animais.

Objetivou-se com este estudo estimar a eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso de bovinos de quatro grupos genéticos submetidos a quatro níveis de concentrado na dieta.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Instituto Melon de Estudos e Pesquisas, localizado na Fazenda Barreiro, em Silvânia, Goiás, e as análises, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

O município de Silvânia localiza-se no planalto central goiano e possui clima mesotérmico e úmido, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 22°C, com variação média de 5°C, e a precipitação pluviométrica anual (1.450 mm) caracteriza-se por uma distribuição periódica, com duas estações bem definidas, com maior concentração das chuvas no período de novembro a março.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial, com quatro proporções volumoso na ração. Foram utilizados 72 bovinos machos inteiros, com idade inicial de 10 a 11 meses, pertencentes a quatro grupos genéticos (18 Nelore, 18 F1 Nelore x Angus, 18 F1 Nelore x Pardo-Suíço e 18 F1 Nelore x Simental) com peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310 kg, respectivamente. Os animais foram mantidos em baias individuais de 16 m² (8 m² de área concretada e 8 m² de piso batido), parcialmente cobertas, providas de comedouro individual (0,8 m de largura, 0,6 m de parede externa e 0,5 m de parede interna) e um bebedouro concretado (1,0 x 1,0 m) para cada duas baias.

Foram utilizadas quatro proporções volumoso:concentrado (70:30, 60:40, 40:60 e 30:70), de modo que, em cada tratamento, foram agrupados três animais de cada grupo genético, perfazendo o total de 12 animais. Além desses animais, três bovinos de cada grupo genético foram abatidos no início do experimento para servirem de referência no estudo da com-

posição corporal dos animais remanescentes e outros três foram alocados no grupo de alimentação restrita (grupo manutenção). As rações foram formuladas de acordo com as recomendações propostas pelo NRC (1996) e sua composição química, bem como dos concentrados e do feno, encontra-se nas Tabelas 1 e 2.

A ração experimental foi distribuída uma vez por dia, às 8 h, de modo a permitir sobras de 10 a 20% da quantidade ofertada. Diariamente, foram registradas as quantidades de ração fornecida e das sobras e, semanalmente, foram coletadas amostras individuais do alimento e das sobras, que, a cada sete semanas, compuseram uma amostra representativa do período.

Paralelamente a este ensaio, foi realizado outro, no qual foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente e total. As determinações de MS, PB, FDN e EE foram realizadas de acordo com técnica descrita por Silva &

Tabela 1 - Composição química do feno e dos concentrados fornecidos para bovinos Nelore puros e cruzados, com base na matéria seca

Table 1 - Chemical composition of hay and concentrates fed to purebred and crossbred Nelore young bulls, expressed in dry matter basis

Nutriente Nutrient	Feno Hay	Tipo de concentrado Type of concentrate			
		Conc.70	Conc60	Conc40	Conc30
MS (DM)	83,83	89,49	89,37	89,25	89,20
PB (CP)	7,86	29,2	25,0	19,09	17,0
FDN (NDF)	74,66	10,51	10,87	11,24	11,35
CHT (TC)	88,50	71,68	73,92	76,18	76,34
NDT (TDN)	52,90	76,90	78,17	79,39	79,65
EE (EE)	0,68	3,00	3,17	3,34	3,38
CZ (Ash)	6,34	10,44	9,65	8,96	8,72

Tabela 2 - Composição química das rações, com base na MS, conforme as diferentes relações volumoso:concentrado

Table 2 - Chemical composition of diets varying on forage to concentrate ratio, expressed in DM basis

Nutriente Nutrient	Relação volumoso:concentrado Forage:concentrate ratio			
	70:30	60:40	40:60	30:70
MS (DM)	91,43	91,11	90,45	90,12
PB (CP)	14,3	14,7	14,6	14,3
FDN (NDF)	51,83	46,08	34,56	28,82
CHT (TC)	83,35	82,59	81,07	79,96
NDT (TDN)	60,1	63,0	68,8	71,6
EE (EE)	1,39	1,69	2,29	2,57
EM (ME)	2,17	2,28	2,49	2,59
CZ (Ash)	7,59	7,68	7,92	8,01

[EM] determinada - expressa em kcal/kg de matéria seca.
Determined [ME] - expressed in kcal/kg of dry matter.

Queiroz (2002); as de CHT, pela equação $CHT (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + MM (\%MS)]$; e dos NDT, pela equação $NDT_{aparente} (g/dia) = (PB \text{ ração} - PB \text{ fezes}) + (CHT \text{ ração} - CHT \text{ fezes}) + 2,25 (EE \text{ ração} - EE \text{ fezes})$, conforme descrito por Sniffen et al. (1992).

Antes do abate, os animais foram submetidos a um período de jejum de 14 horas. A duração do experimento não foi pré-definida, visto que os animais eram abatidos ao atingirem 100 ou 110% do peso correspondente ao das fêmeas do mesmo grupo genético. Ao início do experimento, foram abatidos 12 animais-referência, três de cada grupo genético, com peso médio de 289,8 kg, que serviram para o estudo da composição corporal ao início do experimento. Todos os animais, exceto os animais-referência, foram abatidos com 480 a 510 kg de PV, de modo que a diferença no peso de abate dos animais foi atribuída à variação do peso dentro dos lotes de animais abatidos. De cada animal abatido, foram pesadas e coletadas amostras representativas dos órgãos, das vísceras e da carcaça. As amostras de carne (120 g), gordura (200 g) vísceras (200 g) e couro (100 g), depois de moídas, foram armazenadas em vidros com capacidade de 250 mL e mantidas em estufa a 105°C durante 48 a 72 horas, para determinação da matéria seca gordurosa (MSG). Em seguida, foram submetidas a um processo de extração de gordura com éter de petróleo, conforme descrito por Kock & Preston (1979), para obtenção da matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Posteriormente, foram processadas em moinho de bola, para determinação dos teores de NDT, EE e CIN. As amostras de sangue (400 g) foram coletadas imediatamente após o abate, acondicionadas em pirex e levadas à estufa de ventilação forçada (55°C), durante 48 horas, para o cálculo dos teores de matéria pré-seca, sendo processadas em seguida em moinho de bola. As determinações de NDT foram feitas em aparelho semimicro kjedahl e as de EE, em aparelho soxhlet, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002).

As carcaças foram pesadas no dia do abate, realizando-se no mesmo dia a coleta de amostra representativa da meia-carcaça esquerda, correspondente à secção da 9ª à 11ª costela, segundo metodologia proposta por Hankins & Howe (1946). A partir das proporções de músculo, tecido adiposo e ossos na secção HH, estimaram-se suas proporções na carcaça, por meio das equações descritas por Hankins & Howe (1946):

$$\text{Músculo: } Y = 16,08 + 0,80 X$$

$$\text{Tecido adiposo: } Y = 3,54 + 0,89 X$$

$$\text{Osso: } Y = 5,52 + 0,57 X$$

em que X é a porcentagem dos componentes na secção HH.

O peso de corpo vazio (PCV) dos animais foi determinado pelo somatório dos pesos de carcaça, sangue, cabeça, couro, pés, cauda, vísceras e órgãos. A relação entre o peso de corpo vazio (PCV) e o peso vivo dos animais-referência (abatidos no início do experimento) de cada grupo genético foi utilizada para estimativa do PCV inicial dos animais remanescentes dos diversos grupos genéticos. Os conteúdos corporais de EE e PB foram determinados considerando-se suas concentrações percentuais nos tecidos, nos órgãos, no couro, no sangue e na amostra representativa da carcaça (secção HH). Foram determinados nos tecidos corporais de cada animal os teores de MSG e água. A MSG foi tratada com éter de petróleo, a fim de se extrair parte da gordura e obter a matéria seca pré-desengordurada (MSPD). Subtraindo a MSPD da MSG, obteve-se a gordura extraída no pré-desengorduramento. A partir da MSPD moída, foram realizadas análises de PB, EE e CIN, conforme a técnica descrita por Silva & Queiroz (2002), possibilitando determinar a composição da matéria natural. A determinação dos conteúdos corporais de energia foi realizada pelo produto dos conteúdos corporais de proteína e gordura pelos seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação proposta pelo ARC (1980).

$$CE (\text{Mcal}) = (5,6405X + 9,3929Y),$$

em que CE = conteúdo de energia, em kg; X = proteína corporal, em kg; Y = gordura corporal, em kg.

Os conteúdos líquidos de energia, gordura e proteína retidos no corpo dos animais foram estimados por meio do ajuste de equações de regressão do conteúdo corporal de energia e proteína, em função do PCV, de acordo com a equação:

$$Y_{ijk} = a.X_{ijk}^b + e_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = conteúdo total de energia (Mcal) ou proteína (kg) no corpo vazio do animal j, do grupo genético i, pertencente ao tratamento k; a = constante; b = coeficiente de regressão dos conteúdos de gordura, energia e proteína, em função do PCV; X_{ijk} = peso de corpo vazio do animal j, do grupo genético i, do tratamento k; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

O consumo de energia metabolizável de manutenção (CEM_m) foi estimado considerando-se o ponto de equilíbrio no qual a produção de calor ($kcal/kg^{0,75}/dia$) foi igual ao CEM ($kcal/kg^{0,75}/dia$), segundo metodologia utilizada por Garrett (1980). O consumo de matéria seca de manutenção (CMS_m), em g MS/kg^{0,75}, foi estimado dividindo-se o CEM_m pela concentração de energia metabolizável ($kcal/kg$ MS) da ração de cada tratamento.

O teor de energia líquida de manutenção (EL_m) de cada tratamento foi obtido pela razão entre a PC_j ($kcal/kg^{0,75}$) pelo CEM_m , expresso em (g MS/kg^{0,75}). O CEM necessário

para ganho foi obtido subtraindo-se o CEM_t do CEM_m . Por sua vez, a eficiência de utilização da EM para ganho de peso foi determinada pela razão entre a EL_g e o CEM_g .

O consumo de matéria seca para ganho (CMS_g) consiste na diferença entre o consumo de matéria seca total (CMS_t), g MS/kg^{0,75}, e o CMS_m , g MS/kg^{0,75}, obtido para cada ração. A concentração de energia líquida de ganho da ração (EL_g) corresponde ao quociente entre a energia diária retida no ganho (ER), em kcal/kg^{0,75}, e o consumo de matéria seca acima das necessidades de manutenção, em g MS/kg^{0,75}, conforme descrito por Garrett (1980).

A eficiência de utilização da energia para ganho (K_g) foi calculada pelo coeficiente de inclinação (b) da equação de regressão da energia retida (ER) sobre o CEM para ganho, conforme descrito por Ferrell & Jenkins (1998).

As comparações entre equações de regressão da ER em função do CEM para ganho nos diferentes grupos genéticos e níveis de concentrado na ração foram feitas pelos testes de identidade dos modelos de regressão linear propostos por Graybill (1976). Os dados foram analisados por meio de análises de regressão e variância, pelo programa computacional SAS (Statistical Analyses System, 1995), aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade aos coeficientes de regressão.

As exigências de energia metabolizável para manutenção e ganho de peso podem ser obtidas pela divisão das exigências líquidas de energia de manutenção e ganho pelas respectivas K_m e K_g . As exigências de energia digestível, por sua vez, foram determinadas multiplicando-se a EM pelo fator 0,82 e o NDT foi obtido pela divisão da EM por 4,409, segundo o NRC (1996).

Resultados e Discussão

As exigências diárias de energia líquida e metabolizável e de nutrientes digestíveis totais para ganho de peso (EM_g e NDT_g) e de energia metabolizável e NDT totais (EM_t e NDT_t) são apresentadas na Tabela 3.

Verificou-se aumento de 22,5% nas EL_g para a faixa de peso estudada (300 a 500 kg) no experimento, o que representa uma variação de 46,5% em relação à descrita pelo NRC (1996). Esta elevação na EL_g com o aumento do peso do animal está relacionada ao aumento no teor de gordura no ganho à medida que o animal se desenvolve. Os resultados verificados nesta pesquisa estão de acordo com os observados por Ferreira et al. (1999) e Veloso et al. (2002), que reportaram aumento na EM em função do peso do animal.

Constatou-se aumento nas exigências de EM para ganho e nas exigências de EM totais com a elevação do PCV (Figura 1), ao passo que as exigências de EM para ganho de peso e de EM totais, quando expressas por kg de PCV, decresceram com o acréscimo do PCV (Figura 2), o que pode ser explicado pela elevação na eficiência de utilização da energia para ganho de peso (K_g) com o aumento do PCV. Esse fato está associado à maior deposição de gordura no ganho com o acréscimo no PCV e à maior eficiência de utilização da EM para síntese de gordura que para síntese de proteína (Garrett, 1980).

Considerando um bovino de 400 kg de PV e ganho de 1 kg/dia, as exigências totais de EM obtidas neste estudo foram de 21,1 Mcal/dia, dentro do intervalo calculado nos trabalhos de Lana et al. (1992), Estrada et al. (1997), Ferreira et al. (1999), Paulino et al. (1999), Freitas et al. (2000), Veloso et al. (2002) e Silva et al. (2002), de $20,6 \pm 3,1$ Mcal/dia.

Neste estudo, a estimativa do conteúdo EL_m e EL_g das rações utilizadas com concentração estimada de EM, nos dois extremos, de 2,17 (ração com 30% de concentrado na MS) a 2,59 Mcal/kg de MS (ração com 70% de concentrado na MS), foram de 1,46 e 0,90 e de 1,74 e 1,08, respectivamente. A partir da fórmula proposta pelo NRC (1996), que estima as EL_m e EL_g em função da EM da ração, obtêm-se, para rações com a mesma concentração de EM utilizada neste estudo, os valores de 1,31 e 0,74 e de 1,69 e 1,07 para EL_m e EL_g , respectivamente. Para dieta com 2,6 Mcal/kg de EM, o NRC (1996) estima os valores de EL_m e EL_g em 1,69 e 1,07,

Tabela 3 - Exigências de energia líquida para ganho (EL_g), energia metabolizável para ganho (EM_g) e NDT total (NDT_t) (manutenção e ganho) para bovinos dos grupos genéticos Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Pardo-Suíço e F1 Nelore x Simental, em confinamento, tomados em conjunto

Table 3 - Overall requirements of net energy for gain (NE_g), metabolizable energy for gain (ME_g), and total TDN (maintenance and gain) of feedlot young bulls from different genetic groups: Nelore, F1 Nelore x Aberdeen Angus, F1 Nelore x Brown Swiss x and F1 Nelore x Simental

PV (kg) BW (kg)	EL_g (Mcal/dia) NE_g (Mcal/day)	EL_t (Mcal/dia) Net (Mcal/day)	EM_g (Mcal/dia) ME_g (Mcal/day)	EM_t (Mcal/dia) ME_t (Mcal/day)	NDT_t (kg) TDN_t (kg)
250	3,7	8,38	9,02	16,01	3,64
300	4,0	9,33	9,76	17,71	4,03
350	4,2	10,17	10,24	19,15	4,35
400	4,5	11,08	10,98	20,80	4,73
450	4,7	11,87	11,46	22,16	5,04
500	4,9	12,65	11,95	23,52	5,35
550	5,1	13,41	12,44	24,84	5,65

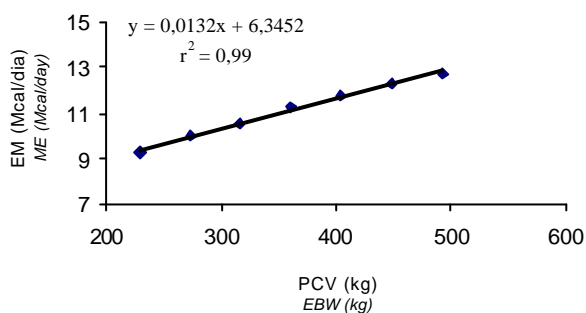


Figura 1 - Exigências de EM para ganho, em função do PCV de bovinos da raça Nelore puros e cruzados, não-castrados, mantidos em confinamento

Figure 1 - Requirements of ME for gain according to EBW of intact purebred and crossbred Nelore young bulls in feedlot.

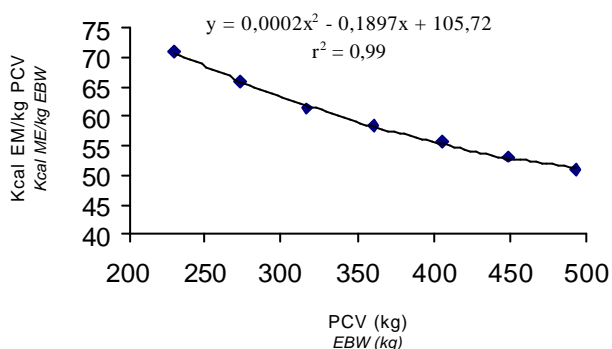


Figura 2 - Exigências de EM totais (manutenção e ganho), em função do PCV de bovinos da raça Nelore puros e cruzados, não-castrados, mantidos em confinamento

Figure 2 - Total requirements of ME (maintenance and gain) according to EBW of intact purebred and crossbred Nelore young bulls in feedlot.

respectivamente, bem próximos aos verificados neste estudo considerando a concentração de EM da dieta de 2,59 Mcal/kg de MS, que é semelhante à utilizada pelo NRC (1996). O valor de EL_m (1,74 Mcal/kg de MS) foi aproximadamente 37% superior ao encontrado por Vêras et al. (2000), de 1,27 Mcal/kg de MS, que verificaram valor de 0,56 para K_m .

O valor estimado para K_m neste estudo não variou com o grupo genético e a relação volumoso:concentrado, como observado por Ferrell & Jenkins (1998), que também não notaram variações para K_m em função do grupo genético e do nível nutricional, cujo valor foi de 0,67. Valor de K_m próximo aos obtidos neste estudo foi constatado também por Veloso et al. (2002), que registraram valor de 0,68. Silva et al. (2002), em experimento com bovinos Nelore, obtiveram

valor de K_m de 0,63, dentro da amplitude registrada neste estudo (0,63 a 0,73).

Os valores de CEM_m e CEM_g , CMS_m e CMS_g , concentração de EL_m e EL_g , bem como os valores de K_m e K_g , em função dos tratamentos, são apresentados nas Tabelas de 5 a 7.

As variações no valor de K_m podem estar relacionadas ao grupo genético (NRC 1996; Ferrell & Jenkins, (1998) e às características intrínsecas à dieta, como metabolizabilidade da ração (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Segundo ARC (1980), o valor de K_m pode variar de 0,71 a 0,79 e a metabolizabilidade da ração é um dos fatores responsáveis pela variação de K_m .

O intervalo de variação de K_m (0,53 e 0,61) verificado por Araújo et al. (1998) encontra-se abaixo do encontrado neste estudo, provavelmente porque os autores utilizaram animais mais jovens, enquanto os deste estudo apresentaram maior síntese e maior taxa de renovação protéica e, conseqüentemente, maiores gastos de energia com atividade de manutenção, por unidade de massa.

Constam-se nas Tabelas 8 e 9 os parâmetros das equações de regressão linear entre a ER e o CEM, bem como os respectivos coeficientes de determinação, de acordo com os grupos genéticos e os níveis de concentrado na ração.

Pelo teste de identidade de modelos lineares (Graybill, 1976), verificou-se ausência de efeito significativo do grupo genético e da relação volumoso:concentrado sobre K_g , com estimativa pontual de K_g de 0,40 e para os limites inferior e superior de 0,36 e 0,44, respectivamente.

O intervalo de confiança para K_g neste estudo está dentro do intervalo de 0,29 a 0,63 registrado por Coelho da Silva & Leão (1979). Segundo o ARC (1980), essa variação pode estar relacionada à concentração de EM das dietas, conforme a fórmula: $K_g = 0,30 + 0,81.qm$, em que qm é a metabolizabilidade da ração. O valor de K_g apresenta maior variação que o de K_m , que pode variar de acordo com a concentração de EM da dieta, segundo a fórmula: $K_m = 54,6 + 0,30.qm$.

Os resultados obtidos neste estudo para K_g corroboram os preconizados pelo NRC (1984), de 0,30 a 0,47. Segundo esse conselho, parte das variações no valor de K_g pode ser atribuída às mudanças na concentração de EM da ração. Entretanto, não foram detectadas variações no valor de K_g em função da concentração de EM.

A não-variação do K_g conforme o grupo genético era esperada, visto que não houve variação na composição corporal e do ganho e nas exigências líquidas de energia entre os grupos utilizados.

A estimativa pontual de K_g registrada neste estudo foi superior às obtidas por Signoretti et al. (1999), que verificaram

Tabela 4 - Produção de calor em jejum (PC_j), consumo de energia metabolizável de manutenção (CEM_m) e eficiência de utilização da EM para manutenção (K_m) em bovinos Nelore puros e mestiços, em confinamento

Table 4 - Fasting heat production (FHP), intake of metabolizable energy for maintenance (ME_mI), and efficiency of utilization of metabolizable energy for maintenance (K_m) for feedlot purebred and crossbred Nelore young bulls

Intervalo de confiança da PC _j HP confidence interval	PC _j (kcal/kg ^{0,75}) FHP (kcal/kg ^{0,75})	CEM _m (kcal/kg ^{0,75}) ME _m I (kcal/kg ^{0,75})	K _m K _m
Estimativa pontual Punctual estimate	79,45	118	0,67
Limite inferior Lower limit	74,89	118	0,63
Limite superior Higher limit	86,50	118	0,73

Tabela 5 - Relação volumoso:concentrado, concentração de NDT, produção de calor em jejum (PC_j), consumo de energia metabolizável de manutenção (CEM_m), consumo de matéria seca para manutenção (CEM_m) e concentração de EL_m, de acordo com as relações volumoso:concentrado

Table 5 - Forage: concentrate ratio (F:C), Concentration of TDN, fasting heat production (FHP), metabolizable energy intake at maintenance (ME_mI), dry matter intake at maintenance (DM_mI) and net energy maintenance concentration of (NE_m) according to the forage to concentrate ratio

V:C F:C	NDT (%) TDN (%)	PC _j (kcal/kg ^{0,75}) FHP (kcal/kg ^{0,75})	EM (kcal/kgMS) ME (kcal/kgDM)	CEM _m (kcal/kg ^{0,75}) ME _m I (kcal/kg ^{0,75})	CMS _m (g/kg ^{0,75}) DM _m I (g/kg ^{0,75})	[EL _m]kcal/kgMS [NE _m] kcal/kgDM
70:30	60,2	79,45	2,17	118	54,38	1,46
60:40	63,1	79,45	2,28	118	51,75	1,54
40:60	68,98	79,45	2,49	118	47,39	1,68
30:70	71,7	79,45	2,59	118	45,56	1,74

Tabela 6 - Relação volumoso:concentrado, EM da ração, consumo de energia metabolizável para ganho (CEM_g), consumo de matéria seca de ganho (CMS_g), energia retida (ER), energia líquida de ganho (EL_g) e eficiência de utilização da EM para ganho (K_g), de acordo com as relações volumoso:concentrado

Table 6 - Forage:concentrate ratio (R:C), metabolizable energy of the diet (ME), metabolizable energy intake of gain (MEI_g), dry matter intake of gain (DMI_g), retained energy (RE), net energy of gain (NE_g) and efficiency of ME for gain (K_g) according to the forage to concentrate ratio

V:C R:C	[EM] kcal/kg/MS [ME] kcal/kgDM	CEM _g (kcal/kg ^{0,75}) ME _g I (kcal/kg ^{0,75})	CMS _g (g/kgPCV ^{0,75}) DMI _g (g/kg/EBW ^{0,75})	ER (kcal/kg ^{0,75}) RE (kcal/kg ^{0,75})	[EL _g]Mcal/kgMS [NE _g] Mcal/kgMS	K _g
70:30	2,17	148,53	68,45	61,59	0,90	0,40
60:40	2,28	158,53	69,53	67,56	0,97	0,40
40:60	2,49	184,1	73,94	76,62	1,04	0,40
30:70	2,59	177,06	68,36	73,5	1,08	0,40

Tabela 7 - Parâmetros das equações de regressão linear entre energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável (CEM) e seus respectivos coeficientes de determinação em bovinos Nelore puros e cruzados em confinamento

Table 7 - Parameters of the linear regression equations of retained energy (RE) on metabolizable energy intake (MEI) and their respective determination coefficients for feedlot purebred and crossbred Nelore young bulls

Grupo genético Genetic group	a	b	r ²
Nelore	-1,4201	0,4222	0,86
F1 Nelore x A. Angus	4,703	0,3971	0,87
F1 Nelore x P. Suíço	4,5914	0,3909	0,90
F1 Nelore x Simental	7,4284	0,3678	0,87
Geral Overall	2,1817	0,4048	0,90

Tabela 8 - Parâmetros das equações de regressão linear entre energia retida (ER) e consumo de energia metabolizável (CEM) e seus respectivos coeficientes de determinação, de acordo com a relação volumoso:concentrado

Table 8 - Parameters of the linear regression equations of retained energy (RE) on metabolizable energy intake (MEI) and their respective determination coefficients according to the forage to concentrate ratio

V:C F:C	a	b	r ²
70:30	14,064	0,3197	0,77
60:40	17,749	0,3142	0,59
40:60	3,8492	0,3953	0,84
30:70	- 4,287	0,4393	0,97

valores de 0,1 a 0,39. Esse comportamento pode, em parte, ser explicado pelo fato de que os animais apresentavam maior grau de maturidade fisiológica em relação aos utilizados por Signoretti et al. (1999) e, portanto, apresentavam maior eficiência de ganho, principalmente em razão da maior deposição de gordura no ganho de peso.

Conclusões

Bovinos Nelore, puros e cruzados, utilizam a energia para manutenção e crescimento com mesma eficiência.

A redução nas exigências de EM para ganho, por unidade de PCV, em função do peso corporal, indica maior eficiência de utilização da EM com a elevação do peso.

Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of farm livestock**. England: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 350p.
- ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros alimentados com diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.5, p.1013-1022, 1998.
- BLAXTER, K.L. **Energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson, 1962. 329p.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth with special reference to the efficiency complex in domestic animals**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 1945. 1023p.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- ESTRADA, L.H.C.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências nutricionais de bovinos não castrados em confinamento. I. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.575-584, 1997.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso e exigências de energia metabolizável e nutrientes digestíveis totais de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.368-387, 1999.
- FERRELL, C.L.; JENKINS, T.G. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high concentrate diet during the finishing period: II. Angus, Boran, Brahman, Hereford and Tuli sires. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.647-657, 1998.
- FREITAS, J.A.; FONTES, C.A.A.; SOARES, J.E. et al. Composição corporal e exigências de energia para manutenção de bovinos (zebúinos e mestiços) e bubalinos não castrados, em confinamento. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v.3, n.1, p.19-29, 2000.
- GARRETT, W.N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. **Journal of Animal Science**, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.
- GEAY, Y. Energy and protein in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Duxburg Press, 1976. 704p.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts**. Washington: USDA, 1946 (Technical bulletin, 926).
- KLEIBER, M. **The fire of life an introduction to animal energetics**. 2.ed. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. 453p.
- KOCK, S.W.; PRESTON, R.L. Estimation of bovine carcass composition by the urea dilution technique. **Journal of Animal Science**, v.48 n.2, p.319-327, 1979.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; PERON, A.J. et al. Composição corporal e do ganho de peso exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de novilhos de cinco grupos raciais. II Exigências de energia e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.3, p.528-537, 1992.
- NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 6.ed. Washington: D.C.: National Academy of Science, 1984. 90p.
- NATIONAL RESEARCH CONCIL - NRC. **Nutrient requirement of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242p.
- OLD, C.A.; GARRETT, W.N. Efficiency of feed energy utilization for protein and fat gain in Hereford and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, v.60, n.3, p.766-771, 1985.
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não castrados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.621-627, 1999.
- PHILLIPS, C.J.C. **Principles of cattle nutrition**. Cambridge: Cab International, 2001. 269p.
- PIRES, C.C.; FONTES, C.A.A.; GALVÃO, J.G. et al. Exigências nutricionais de bovinos em acabamento I Composição corporal e exigências de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.1, p.110-120, 1993.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS. **SAS/STAT. User's guide**. 11.ed. Cary: 1995.
- SIGNORETTI, R.D.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerros da raça Holandesa alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.1, p.195-204, 1999.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos Nelore não castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.514-529, 2002 (supl. 1).
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p
- SUNDSTOL, F.; EKERN, A.; LINGVALL, P. et al. Energy utilization in sheep fed grass silage and hay. In: THE ENERGY SYMPOSIUM, 1980, Cambridge. **Proceedings...** Butterworths: EAAP, 1980. p.17-21.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALDI JR., A. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos F1 Limousin x Nelore não castrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1286-1293, 2002.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de Nelore, não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, supl.2, p.2379-2389, 2000.

Recebido: 19/07/04

Aprovado: 10/10/05