

Conteúdo Corporal e Exigências Líquidas de Energia e Proteína de Novilhos Mestiços Holandês-Gir em Ganho Compensatório¹

Maria Izabel Vieira de Almeida², Carlos Augusto de Alencar Fontes³, Fernando Queiroz de Almeida⁴, Sebastião de Campos Valadares Filho², Oriel Fajardo de Campos⁵

RESUMO - Foram utilizados 39 novilhos mestiços Holandês-Gir, com o objetivo de avaliar o efeito da restrição alimentar anterior ao confinamento sobre as mudanças na composição corporal e nas exigências líquidas de energia para manutenção e ganho de peso e de proteína para ganho de peso. Trinta animais foram submetidos à alta pressão de pastejo, enquanto os nove restantes tiveram oferta ilimitada de pasto (grupo ganho contínuo); após este procedimento, seis animais do primeiro grupo e três do segundo grupo foram abatidos e os restantes foram confinados. Dos 24 animais do grupo ganho compensatório, 12 receberam alimentação *ad libitum* (grupo ganho compensatório) e 12, alimento 15% acima da manutenção (grupo manutenção), enquanto os seis animais do grupo ganho contínuo receberam a mesma dieta *ad libitum*. A dieta foi constituída por silagem de milho e 26% de concentrado. A exigência de energia líquida para manutenção foi determinada por regressão da produção de calor, em função do consumo de energia metabolizável (EM), extrapolando-se para nível zero de ingestão de EM. Foram ajustadas equações de regressão do logaritmo das quantidades corporais de gordura, proteína e energia, em função do logaritmo do peso corporal vazio (PCVZ). A exigência média de energia líquida para manutenção para os animais em ganho compensatório foi de 47,50 kcal/kg^{0,75}/dia. A quantidade de gordura e o conteúdo de energia no peso ganho aumentaram, à medida que o peso vivo dos animais aumentou. Os requerimentos líquidos de energia e proteína para ganho de 1 kg de PCVZ foram de 3,13 Mcal/dia e 189,4 g/dia, respectivamente, para animais com 300 kg de peso vivo.

Palavras-chave: bovino, conteúdo corporal, energia, proteína, requerimentos nutricionais

Body Content and Net Requirements of Energy and Protein of Crossbred Holstein-Gyr Steers During Compensatory Growth

ABSTRACT - Thirty-three 39 crossbred Holstein-Gyr steers were used in a research aiming to evaluate the effects of feed restriction prior to the confinement on the changes in body composition and in the net requirements of energy for maintenance and weight gain, and protein for weight gain. Thirty animals were submitted to a high grazing pressure, while the remaining nine steers had unrestricted access to forage (continuous gain group), after what, six animals from the first group and three from the second group were slaughtered, and the remaining animals were confined. From 24 animals of the compensatory growth group, 12 were fed *ad libitum* (compensatory growth group) and 12 were fed 15% above the maintenance level (maintenance group), while six animals from continuous gain group were fed the same *ad libitum* diet. The diet was constituted by corn silage and 26% of concentrate. The net energy requirement for maintenance was determined by regression of the heat production, in function of the metabolizable energy intake (ME), adjusting for heat production at zero level. Regression equations of the *log* of the body contents of fat, protein and energy in function of the *log* of the empty-body weight (EBW) were fitted. The average maintenance net energy requirements for the animals in the compensatory growth group was 47,50 kcal/kg^{0,75}/day. The total fat and energy content in body-weight-gain increased as body live weight increased. The net requirements of energy and protein for 1 kg of EBW gain were 3.13 Mcal/day and 189.4 g/day, respectively, for a 300 kg live weight steer.

Key words: bovine, body content, energy, nutritional requirements, protein

Introdução

Os animais, especialmente os ruminantes, quando em estado natural, experimentam períodos alternados de abundância e escassez de alimentos. Diversos experimentos demonstram que, quando o alimento volta a ser abundante após um período de restrição

alimentar, as taxas de crescimento dos animais tornam-se mais aceleradas e excedem aquelas dos animais bem alimentados durante o mesmo período. Esse fenômeno é conhecido como ganho compensatório e tem importância econômica, pois essa habilidade permite aos criadores de bovinos o planejamento da alimentação durante o ano, visando maximizar o

¹ Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

² UFV/DZO - 36571-000 - Viçosa, MG. E-mail: miva@homenet.com.br

³ UENF/CCTA - 28015-820 - Campos dos Goytacazes, RJ. E-mail: caafontes@uenf.br

⁴ UFRRJ/DMCV - IV - 23851-970 - Seropédica, RJ. E-mail: falmeida@ufrj.br

⁵ EMBRAPA/CNPGL - 36038-330 - Juiz de Fora, MG. E-mail: oriel@embrapa.br

uso das pastagens, enquanto este economiza suplementação, armazenando alimentos para serem utilizados nos períodos em que a disponibilidade de alimentos naturais de baixo custo é reduzida.

Um animal que tenha mais depósitos de tecido adiposo, com lipídeos rapidamente disponíveis, pode manter-se melhor e durante mais tempo em condições de privação do que animais com pouca ou nenhuma reserva energética. Conseqüentemente, o grau de crescimento compensatório dependerá da extensão da utilização das reservas adiposas e da mobilização de outros tecidos, como o tecido muscular, e de quanto as condições cronológicas e fisiológicas forem afetadas (LAWRENCE e FOWLER, 1997).

A energia de manutenção representa a porção de alimento usada para a manutenção corporal, sem ganho ou perda de energia do corpo. Os requerimentos diários de energia para manutenção de bovinos de raças de corte foram estimados em 0,077 Mcal/PCVZ^{0,75} (LOFGREEN e GARRETT, 1968). Esses requerimentos são mais apropriados para novilhos e novilhas em crescimento de raças britânicas, mantidos em confinamento, sem estresse e com mínima atividade física. Os efeitos da atividade física e, ou, das condições ambientais são incorporados à energia líquida de manutenção (ELm), enquanto as influências de alterações na alimentação, nas atividades físicas ou nas condições ambientais, diferentes daquelas da manutenção, são incorporadas às estimativas de energia líquida de ganho (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1996).

A soma das necessidades de manutenção e produção representa a exigência líquida dos animais, que pode variar em função da categoria, do peso e do nível de produção do animal. As informações encontradas em tabelas de exigências nutricionais são valores médios e servem como ponto de referência na formulação de rações. No Brasil, utilizam-se principalmente informações do NRC (1996), dos Estados Unidos, e do AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC (1993), do Reino Unido, baseadas em animais de corte tipo europeu, mantidos em regimes de produção e alimentação diferentes dos animais e sistemas de produção encontrados nas condições brasileiras, sendo necessário adaptá-las às condições locais.

Diversos trabalhos de pesquisa têm sido realizados com o objetivo de gerar informações sobre as exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. Neste sentido, SALVADOR (1980) determinou as exigências de energia e proteína de novilhos azebuados;

TEIXEIRA (1984) trabalhou com animais 1/2, 3/4, e 5/8 Holandês-Zebu; PIRES et al. (1993a, b) estimaram as exigências de proteína e energia de bovinos Nelore, F1 Nelore-Marchigiana e F1 Nelore-Limousin; ESTRADA et al. (1997) determinaram as exigências para bovinos não-castrados; LANA et al. (1992a,b) utilizaram animais Nelore, Nelore-Chianina, Nelore-Holandês, mestiços 1/2 sangue e 3/4 Holandês-Gir; FREITAS (1995) determinou as exigências para bovinos não-castrados das raças Nelore, mestiços Holandês-Nelore, Fleckvieh-Angus-Nelore e bubalinos; ARAÚJO et al. (1998), para novilhos mestiços Holandês-Gir; SIGNORETTI et al. (1999), para bezeros Holandeses; FERREIRA et al. (1999), para bovinos F1 Simental-Nelore; PAULINO et al. (1999a,b), para bovinos das raças Gir, Guzerá, Mocho Tabapuã e Nelore; e ROCHA e FONTES (1999), para novilhos Holandeses e mestiços Holandês-Zebu. O volume de informações disponíveis é, entretanto, insuficiente para permitir a elaboração de tabelas de exigências nutricionais adaptadas às condições brasileiras. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar as exigências líquidas de energia para manutenção e ganho de peso, e as exigências líquidas de proteína para ganho de peso em novilhos mestiços Holandês-Gir e os efeitos da restrição alimentar nestas exigências.

Material e métodos

Foram utilizados 39 novilhos mestiços Holandês-Gir, castrados, com grau de sangue Holandês mínimo de 7/8, peso vivo inicial médio de 202,1 ± 49,1 kg e idade média de 19,3 ± 5,1 meses, no fim da estação seca. No período pré-experimental, que teve duração de 104 dias, nove animais, escolhidos ao acaso, foram mantidos em pastagens de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, Stapf.), de acordo com o manejo usual da fazenda, aos quais foi permitido consumo *ad libitum* de forragem. Os 30 animais restantes foram mantidos em pastagem com alta taxa de lotação, em restrição alimentar. No primeiro dia do confinamento, seis animais do grupo de restrição alimentar e três do grupo sem restrição foram abatidos, como animais-referência, para estimar a composição corporal e o peso corporal vazio (PCVZ) iniciais dos trinta remanescentes, que foram divididos em três tratamentos: I - seis animais de pastejo irrestrito e que receberam ração *ad libitum* durante o confinamento - grupo de ganho contínuo; II - 12 animais do grupo de pastejo restrito, que passaram a receber ração *ad libitum* - grupo ganho compensatório; e III - 12 animais do

grupo de pastejo restrito, que passaram a receber ração controlada de forma a suprir a energia e proteína em níveis 15% acima dos requerimentos de manutenção - grupo manutenção. Durante o confinamento, os animais foram contidos individualmente em área concretada e coberta.

Nos dias 28, 56, 84 e 112 de confinamento, foram abatidos três animais do tratamento ganho compensatório e três animais do tratamento manutenção, após jejum de 14 horas. Nos dias 28 e 112, foram, igualmente, abatidos três animais do grupo ganho contínuo. O período de confinamento teve duração total de 112 dias.

Durante o confinamento, os animais receberam dieta única, constituída de silagem de milho e concentrado à base de farelo de soja, fubá de milho, uréia, fosfato bicálcico, calcário, sal e mistura mineral. A ração continha 26% de concentrado na matéria seca e foi calculada de acordo com as normas do AFRC (1993), de modo a permitir ganho de peso vivo diário de 1,2 kg, para os animais alimentados *ad libitum*, atendendo ao mesmo tempo às exigências de proteína degradável no rúmen. A energia metabolizável (EM) foi estimada a partir do valor de energia digestível (ED) da ração obtida nos ensaios de digestibilidade, multiplicado pelo fator 0,82.

Os animais do grupo manutenção receberam, diariamente, o equivalente a 115% da quantidade de alimento calculada para manutenção do peso corporal, ajustando-se a quantidade fornecida, a cada 28 dias, de acordo com os pesos individuais. A dieta foi fornecida uma vez ao dia, individualmente, em quantidade estabelecida de acordo com o peso vivo para os animais de manutenção, ou mantendo-se as sobras entre 5 e 10% do total fornecido para os animais de alimentação *ad libitum*, em ganho contínuo e ganho

compensatório, ajustando-se a quantidade da ração quando necessário. Para determinação do consumo alimentar, foram registradas, diariamente, a quantidade de ração fornecida e as sobras. A composição química do concentrado, da silagem e da dieta utilizados durante o experimento está apresentada na Tabela 1.

A estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), carboidratos totais (CHOT), fibra em detergente neutro (FDN) e energia bruta (EB) foi obtida em dois ensaios de digestibilidade, com coleta total de fezes, por meio de bolsas coletoras, utilizando quatro animais com graus de sangue, idades e pesos semelhantes aos do experimento, mantidos em condições semelhantes. Os ensaios foram realizados no segundo e quarto mês do experimento.

As determinações dos conteúdos de MS, MO, FDN, EE e EB, nos alimentos e nas fezes, foram feitas conforme SILVA (1990). As análises de nitrogênio total foram feitas em aparelho semimicro Kjeldahl, excluindo-se as amostras de silagem de milho, que foram analisadas em aparelho macro Kjeldahl, e as análises de extrato etéreo residual das amostras de tecidos, previamente desengorduradas, foram feitas em aparelho Goldfish.

Após os abates, pesaram-se e coletaram-se amostras dos seguintes componentes: sangue, cabeça, pés, couro, cauda, rúmen-retículo, omaso, abomaso, intestinos delgado e grosso, mesentério, gordura interna, baço, coração, fígado, pulmões, rins, língua e carne industrial e, em conjunto, esôfago, traquéia, aparelho reprodutor e gordura. De um animal de cada tratamento, foram pesadas, dissecadas e retiradas amostras da cabeça e de um pé dianteiro e um traseiro. As

Tabela 1 - Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), energia metabolizável (EM), carboidratos totais (CHOT) e fibra em detergente neutro (FDN) da dieta

Table 1 - Average contents of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), gross energy (CE), metabolizable energy (ME), total carbohydrates (TC) and neutral detergent fiber (NDF) of the diet

Ingredientes <i>Ingredients</i>	% na dieta <i>% in the diet</i>	MS (%) <i>DM</i>	Composição da dieta na % MS <i>Diet composition in % DM</i>					
			PB (%) <i>CP</i>	EE (%) <i>EE</i>	EB <i>CE</i>	EM <i>ME</i>	CHOT (%) <i>TC</i>	FDN (%) <i>NDF</i>
(Mcal/kg)								
Silagem de milho <i>Corn silage</i>	73,97	24,07	9,5	2,7	3,90	-	84,14	49,67
Concentrado <i>Concentrate</i>	26,03	88,43	27,0	2,9	3,74	-	66,33	16,06
Dieta <i>Diet</i>	100	40,82	14,1	2,8	3,86	2,34	79,51	40,92

amostras foram moídas ou picadas e armazenadas em freezer, para posteriores análises.

As carcaças foram serradas ao meio e as duas meia-carcaças, pesadas individualmente e mantidas em câmara fria, à temperatura de -5°C , durante aproximadamente 18 horas; em seguida, foi retirada da meia-carcaça esquerda uma secção transversal da 9^a à 11^a costela (secção HH) (HANKINS e HOWE, 1946), que foi dissecada, e as porções de músculos, ossos e tecido adiposo foram pesadas e armazenadas em freezer, para posteriores análises.

As amostras de rúmen-retículo, omaso, abomaso, intestinos delgado e grosso, gordura interna e mesentério foram agrupadas proporcionalmente ao peso de cada porção, formando uma amostra composta, representando o trato gastrintestinal mais gordura visceral (TGI + gordura visceral), enquanto as amostras de rúmen-retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso foram agrupadas, formando uma amostra composta, representando as vísceras do TGI. Do mesmo modo, as amostras de fígado, coração, pulmão, rins, baço, língua, carne industrial, esôfago-traquéia e aparelho reprodutor formaram uma amostra composta de órgãos para cada animal.

As amostras de sangue, coletadas imediatamente após o abate, foram pré-secas em estufa ventilada a 55°C , durante 48 horas, moídas em moinho de bola e armazenadas.

As amostras de músculo, tecido adiposo, vísceras e órgãos, após moídas, e as de ossos, couro e cauda, após seccionadas, foram pesadas e levadas à estufa à temperatura de 105°C , durante 48 a 72 horas, até a completa evaporação da umidade, quando foram novamente pesadas, fornecendo o teor de matéria seca gordurosa. Após serem submetidas ao pré-desengorduramento com éter de petróleo, procedendo-se de duas a quatro lavagens, até a remoção da maior quantidade possível de gordura, as amostras foram pesadas novamente, obtendo-se a matéria seca pré-desengordurada (MSPD), conforme descrito por KOCK e PRESTON (1979). As amostras pré-desengorduradas foram moídas em moinho de bola e submetidas às determinações de nitrogênio total e extrato etéreo.

Os conteúdos corporais de energia, proteína, gordura e água foram determinados de acordo com sua concentração porcentual nas amostras de vísceras, órgãos, couro, sangue, cauda, cabeça, pés, músculos, tecido adiposo e ossos, multiplicadas pelo peso de cada parte. Conhecendo-se o teor de MSPD, foi possível converter a composição química na base da

matéria seca para matéria natural. Após o pré-desengorduramento das amostras de tecidos corporais, obteve-se a gordura extraída pela subtração da porcentagem de MSPD da MSG, e o teor de gordura total da amostra foi obtido pela soma deste valor com o extrato etéreo residual.

A partir das porcentagens de músculo, tecido adiposo e ossos obtidas na secção HH, foi possível estimar as suas proporções na carcaça, utilizando as equações propostas por HANKINS e HOWE (1946):

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

$$\text{Tecido adiposo: } \hat{Y} = 3,54 + 0,80 X$$

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

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

O peso corporal vazio (PCVZ) dos animais foi determinado ao somar o peso de carcaça, sangue, cabeça, pés, couro, cauda, órgãos e TGI + gordura visceral. A relação entre o PCVZ e o peso vivo (PV) dos animais-referência foi determinada para os animais de cada tratamento, e o valor obtido foi usado na estimativa do PCVZ inicial dos animais remanescentes, enquanto o PCVZ final desses animais foi determinado de modo semelhante ao obtido para os animais-referência, quando foram abatidos.

A conversão do PV em PCVZ, para o intervalo de pesos estudado, foi feita pela regressão do PCVZ dos 39 animais utilizados no experimento, de acordo com os PV. Na conversão das exigências para ganho de 1 kg de PCVZ para ganho de 1 kg de PV, foi utilizado o fator médio de 1,19, obtido por meio de equação de predição ajustada (GUIMARÃES, 1999), com os dados dos animais utilizados no presente experimento.

O conteúdo corporal de energia foi determinado a partir dos conteúdos de proteína e gordura e de seus respectivos equivalentes calóricos, conforme a equação proposta pelo AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC (1980):

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

em que CE é conteúdo de energia; X, proteína corporal (kg); e Y, gordura corporal (kg).

Para descrever os conteúdos corporais de proteína, gordura e energia retidos no corpo do animal com o aumento do peso corporal, foram ajustadas equações de regressão do logaritmo dos conteúdos corporais, em função do logaritmo do PCVZ (ARC, 1980), segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + b_i X_{ij} + e_{ij}$$

em que Y_{ij} é logaritmo do conteúdo total de proteína

(kg), gordura (kg) ou energia (Mcal) retido no corpo vazio, do animal j , do tratamento i ; μ , efeito de média (intercepto); b_i , coeficiente de regressão do logaritmo do conteúdo de proteína, gordura ou energia, em função do logaritmo do PCVZ; X_{ij} , logaritmo do PCVZ do animal j do tratamento i , em que $i = 1$, ganho contínuo e $2 =$ ganho compensatório; e e_{ij} , erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto normalmente distribuído, com média zero e variância σ^2 .

As exigências líquidas diárias de proteína e energia para ganho de peso \hat{Y} foram estimadas por meio das equações obtidas por derivação das equações ajustadas para composição corporal, do tipo:

$$\hat{Y} = b \cdot 10^a \cdot \text{PCVZ}^{(b-1)}$$

em que a e b são intercepto e coeficiente de regressão, respectivamente, das equações de predição dos conteúdos corporais de proteína, gordura e energia.

As equações para predição de composição corporal, bem como as equações delas derivadas para predição de exigências líquidas de energia e proteína para ganho, foram ajustadas para animais dos tratamentos ganho compensatório e ganho contínuo.

As exigências líquidas de energia para manutenção (ELm) foram estimadas ao utilizar apenas os animais dos tratamentos manutenção e ganho compensatório, os quais haviam sido submetidos ao mesmo tratamento no período anterior ao confinamento. Os animais de ganho contínuo não foram utilizados, por não haver animais correspondentes a eles submetidos em nível de manutenção, durante o período de confinamento. A ELm foi determinada pela regressão do logaritmo da produção de calor, de acordo com o consumo de energia metabolizável (EM), em kcal, por dia e unida-

de de peso metabólico, extrapolando-se a equação para o nível zero de consumo de EM, segundo LOFGREEN e GARRETT (1968).

No ajustamento das equações de regressão, foi utilizado o programa LSMLMW (HARVEY, 1987), e as equações obtidas para os diferentes tratamentos foram avaliadas segundo o teste de identidade de modelos (GRAYBILL, 1976), utilizando equação comum para dois tratamentos, quando o teste não indicou diferença entre modelos. Na análise de variância, utilizou-se o teste de F, a 1% de significância.

Resultados e discussão

Exigências de energia de manutenção

Os parâmetros das equações e os valores das estimativas das exigências líquidas médias de energia de manutenção, obtidas com base em todos os animais abatidos durante o confinamento, e por período, com base nos animais abatidos em cada período de 28 dias, estão relacionados na Tabela 2.

Obteve-se a equação geral, média, para estimar a exigência de energia líquida para manutenção, com base nos 30 animais submetidos à restrição antes do confinamento: $\text{Log PCVZ} = 1,6767 + 0,0022 \cdot \text{CEM}$ ($r^2 = 0,93$). A ELm estimada por essa equação foi 47,50 kcal/kg^{0,75}.dia, para novilhos mestiços após restrição alimentar. Valores de exigências de ELm um pouco superiores aos deste trabalho foram obtidos, no Brasil, por vários autores. SALVADOR (1980), com novilhos azebuados, estimou a exigência de ELm em 56,0 kcal/kg^{0,75}; GONÇALVES (1988), em 59,77 kcal/kg^{0,75}, para bovinos de raças européias

Tabela 2 - Parâmetros das equações de regressão do logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg^{0,75}/dia) e exigências líquidas de energia de manutenção (ELm) de novilhos mestiços em ganho de peso compensatório, para o período total de duração do confinamento e para os subperíodos experimentais

Table 2 - Parameters of regression equations of heat production logarithm in function of the metabolizable energy consumption (kcal/kg^{0,75}/day) and net requirements of maintenance energy (NEm) from crossbreed steers in compensatory gain, for the total period of duration of confinement and for different experimental subperiods

Período <i>Period</i> dias (<i>days</i>)	n	Intercepto <i>Intercept</i> (a)	Coefficiente <i>Coefficient</i> (b)	ELm (kcal/ kg ^{0,75} /dia)	R ²
Média	24	1,6767	0,0022	47,5007	0,93
0 a 28	24	1,7010	0,0016	50,2343	0,85
0 a 56	18	1,6777	0,0022	47,6102	0,96
0 a 84	12	1,6063	0,0027	40,3924	0,98
0 a 112	6	1,6210	0,0028	41,7830	0,99

n - número de animais.
n - number of animals.

e zebuínas; e FREITAS (1995), em 50,22 e 58,19 kcal/kg^{0,75}, para bovinos Nelore e mestiços, respectivamente; PAULINO et al. (1999a), 60,38 kcal/kg^{0,75}, para bovinos de quatro raças zebuínas, em fase de acabamento; e PIRES et al. (1993b), 68,03 e 67,92 kcal/kg^{0,75} para animais F₁ Nelore-Limousin e Nelore-Marchigiana, respectivamente, e de 34,17 kcal/kg^{0,75} para animais Nelore.

Estes valores estão mais próximos dos encontrados no presente trabalho do que os verificados por LOFGREEN e GARRETT (1968), de 77 kcal/kg^{0,75}, para bovinos de raças européias, e por autores brasileiros como ROCHA e FONTES (1999), de 68,44 kcal/kg^{0,75}, para animais de origem leiteira; ARAÚJO et al. (1998), de 81,3 kcal/kg^{0,75}, para bovinos mestiços; e SIGNORETTI et al. (1999), de 110,46 kcal/kg^{0,75}, para bovinos Holandeses.

Os requerimentos de energia de manutenção mais baixos, verificados no presente trabalho, para animais submetidos à restrição alimentar prévia, encontram suporte na literatura. Quando é fornecido nível normal de nutrição a animais anteriormente submetidos a estresse nutricional, espera-se menor exigência de energia de manutenção, por certo período de tempo, cuja duração irá depender do grau de restrição alimentar anterior, da duração do período de restrição e da adaptação ao nível nutricional mais baixo, proporcionada principalmente pela redução da massa dos órgãos internos, metabolicamente mais ativos (RYAN, 1990; NICOL e KITESSA, 1995).

As estimativas das exigências de energia de manutenção nos períodos sucessivos, após o início da

realimentação, não aumentaram, à medida que se estendia o período de confinamento. Os resultados evidenciam que as exigências de manutenção mantiveram-se baixas durante todo o período experimental, mas podem ter sido influenciados pelo menor número de animais experimentais nos dois últimos subperíodos (Tabela 3).

GUIMARÃES (1999), utilizando os mesmos animais deste experimento, observou maiores ganhos de peso vivo e de peso de não-componentes da carcaça nos animais do grupo ganho compensatório que nos animais do grupo ganho contínuo, nos primeiros 28 dias de confinamento, embora os dois grupos não diferissem quanto ao consumo alimentar. Os resultados do presente estudo não mostraram elevação das exigências de manutenção nos animais do grupo ganho compensatório, após os primeiros 28 dias de confinamento. Possivelmente, diferenças no perfil hormonal, favoráveis ao maior ganho de peso dos animais do grupo ganho compensatório, nos primeiros 28 dias, possam explicar o seu melhor desempenho no período, o que poderia também estar ligado a diferenças na composição inicial do peso ganho.

Segundo WILSON e OSBOURN (1960), FOX et al. (1972), FERREL et al. (1986) e CARSTENS et al. (1987), o ganho compensatório implica redução das necessidades líquidas de energia de manutenção e incremento na utilização da energia metabolizável, usada acima da manutenção, resultando em maior disponibilidade de energia líquida para ganho. As diferenças na exigência de energia líquida para manutenção podem ser, em parte, explicadas por diferenças no

Tabela 3 - Exigências líquidas diárias de energia de manutenção (ELm), em Mcal/ animal/dia, de novilhos mestiços em ganho compensatório com pesos vivos entre 150 e 450 kg para o período total de duração do confinamento e para cada subperíodo experimental

Table 3 - Net requirements of maintenance energy (NEm), in Mcal/animal/day, of crossbreed steers in compensatory gain with liveweights (LW) between 150 and 450 kg for the total period of confinement and for each experimental subperiod

PV LW (kg)	PCVZ EBW (kg)	Média Average	Períodos (Dias) Periods (Days)			
			0 a 28	0 a 56	0 a 84	0 a 112
150	116	1,68	1,78	1,68	1,43	1,48
200	163	2,17	2,29	2,17	1,84	1,91
250	210	2,62	2,77	2,63	2,23	2,31
300	257	3,05	3,23	3,06	2,60	2,69
350	304	3,46	3,66	3,47	2,94	3,05
400	352	3,86	4,08	3,87	3,28	3,39
450	399	4,24	4,48	4,25	3,60	3,73

tamanho dos órgãos internos. ROMPALA et al. (1985) relataram que o crescimento compensatório está associado à maior deposição de proteína (de 25 a 40%) no início da recuperação e à menor deposição de gordura, devido à relativa perda anterior de gordura e proteína; porém, em uma segunda fase da recuperação, esta relação se inverte. SAINZ et al. (1995) observaram que animais sob ganho compensatório tratados com dietas que continham alto teor de concentrado apresentaram requerimento de energia de manutenção 17% menor que aqueles tratados com alta proporção de volumosos, durante a realimentação.

Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso

Os parâmetros das equações de regressão do logaritmo da quantidade de proteína (kg) e gordura (kg) e a concentração de energia (Mcal) no corpo vazio, em função do logaritmo do PCVZ, obtidos para os animais dos tratamentos ganho contínuo e ganho compensatório, em conjunto, estão apresentados na Tabela 4. Não houve diferença significativa entre as equações dos tratamentos ($P > 0,05$), pelo teste de identidade de modelos, razão pela qual foi adotada uma equação única para composição corporal dos novilhos em ganho contínuo e ganho compensatório.

Os valores dos coeficientes b indicaram aumento do conteúdo corporal de proteína, em taxa ligeiramente inferior ao aumento do peso corporal, e deposição de gordura e energia em ritmo mais elevado. A partir dessas equações, foi possível prever os conteúdos corporais totais de gordura (kg) e proteína

(kg), as proporções de gordura e proteína (g/kg PCVZ) e o conteúdo de energia por unidade de PCVZ (Mcal/kg PCVZ), bem como a relação entre os conteúdos de gordura e proteína, para animais de 150 a 450 kg de peso vivo (Tabela 5).

Os conteúdos totais de proteína aumentaram de 24,68 para 78,40 kg, com aumento do PCVZ de 116 para 399 g. Por outro lado, a concentração de proteína em g/kg de PCVZ reduziu de 212,58 para 196,64, neste intervalo de peso, o que está de acordo com os resultados obtidos por ARAÚJO et al. (1998) e ROCHA e FONTES (1999), para animais de mesmo tipo racial.

O conteúdo de proteína por unidade de ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) apresentado na Tabela 6 reduziu-se com o aumento do PCVZ. Os conteúdos de gordura, em kg e em g/kg de PCVZ (Tabela 5) e de energia, em Mcal/kg de PCVZ (Tabela 5) e em Mcal/kg GPCVZ (Tabela 6), aumentaram com o incremento do peso de corpo vazio.

Estas observações indicam que o conteúdo total de proteína e gordura aumentam e que há redução da concentração de proteína e incremento na concentração de gordura do GPCVZ, com o aumento do PCVZ. Observa-se que, em animais mestiços, o aumento na taxa de deposição de gordura foi mais tardio que o relatado por FREITAS (1995), para animais da raça Nelore.

Por derivação das equações de predição do conteúdo corporal de proteína e energia, foram estimadas as exigências líquidas diárias de proteína (kg) e energia (Mcal) por quilograma de GPCVZ, para novilhos mestiços de 150 a 450 kg de PV (Tabela 6). Os requerimentos para 1 kg de PCVZ foram divididos pelo fator 1,19, para que fossem obtidos os requerimentos líquidos de proteína e energia para ganho de peso vivo.

As exigências de proteína passaram de 199,1 para 184,2 g/kg GPCVZ, com o aumento do peso dos animais de 150 para 450 kg PV, para ambos os tratamentos. A exigência líquida de proteína para GPCVZ, de animais com 300 kg de peso vivo, obtida neste trabalho, foi de 189,4 g, valor próximo aos obtidos por ARAÚJO et al. (1998), de 196 g para animais de mesmo tipo racial, e por SIGNORETTI et al. (1999) e PAULINO et al. (1999b), de 183 g, no entanto foi superior à exigência estimada por LANA et al. (1992a), de 63,49 g para novilhos Nelore e 143,17 g para animais mestiços; por FREITAS (1995),

Tabela 4 - Parâmetros das equações de regressão do logaritmo da quantidade de gordura (kg), proteína (kg) e energia (Mcal) no corpo vazio, em função do logaritmo do peso de corpo vazio, para novilhos mestiços

Table 4 - Parameters of the equations of regression for logarithm of fat (kg), protein (kg) and energy (Mcal) body weight contents, in function of the logarithm of empty body weight, for crossbreed steers

	Intercepto <i>Intercept</i> (a)	Coefficiente <i>Coefficient</i> (b)	r ²
Proteína <i>Protein</i>	-0,542038	0,9368235	0,989
Gordura <i>Fat</i>	-5,666256	2,894001	0,917
Energia <i>Energy</i>	-1,163062	1,6027831	0,981

Tabela 5 - Estimativas dos conteúdos corporais totais de proteína e gordura, dos conteúdos de proteína, gordura e energia por kg de peso corporal vazio (PCVZ) e relação entre conteúdos de proteína e gordura para novilhos mestiços

Table 5 - Estimate of the total body contents of protein, fat, protein, fat and energy empty-body weight (EBW) contents and relations between protein and fat live weight (LW) contents for crossbreed steers

PV (kg) LW	PCVZ (kg) EBW	Proteína (kg) Protein	Gordura (kg) Fat	Proteína (g/kg PCVZ) (g/kg EBW)	Gordura (g/kg PCVZ) (g/kg EBW)	Energia (Mcal/kg PCVZ) (Mcal/kg EBW)	Gordura/ Proteína Fat/ Protein
150	116	24,68	2,04	212,58	17,56	1,21	0,08
200	163	33,95	5,46	208,05	33,47	1,48	0,16
250	210	43,06	11,38	204,75	54,10	1,73	0,26
300	257	52,03	20,42	202,15	79,33	1,95	0,39
350	304	60,90	33,20	200,01	109,05	2,16	0,54
400	352	69,69	50,35	198,20	143,20	2,35	0,72
450	399	78,40	72,44	196,64	181,69	2,54	0,92

Tabela 6 - Exigências líquidas diárias de proteína e energia por kg de ganho de peso corporal vazio (GPCVZ) e por kg de ganho de peso vivo (GPV) para novilhos mestiços

Table 6 - Protein and energy daily net requirements per kg of empty body weight gain (EBWG) and for kg of live weight gain (LWG) for crossbreed steers

PV (kg) LW	PCVZ (kg) EBW	Proteína (kg) Protein (g/kg PCVZ) (g/kg EBW)	Energia Energy (Mcal/kg PCVZ) (Mcal/kg EBW)	Proteína (kg) Protein (g/kg PCVZ) (g/kg EBW)	Energia Energy (Mcal/kg PCVZ) (Mcal/kg EBW)
150	116	199,1	1,93	167,3	1,63
200	163	194,9	2,37	163,8	2,00
250	210	191,8	2,77	161,2	2,33
300	257	189,4	3,13	159,1	2,63
350	304	187,4	3,46	157,5	2,91
400	352	185,7	3,77	156,0	3,17
450	399	184,2	4,07	154,8	3,42

de 108,34 g para novilhos Nelore e de 175,33 g para novilhos mestiços, pesando 350 kg; e por ROCHA e FONTES (1999), de 148,70 g.

As exigências líquidas de energia para ganho de 1 kg de peso de corpo vazio aumentaram com o peso vivo, sendo de 3,13 Mcal para novilhos pesando 300 kg de PV. Este nível de exigência está próximo aos estimados por LANA et al. (1992a), de 3,05 Mcal; por FREITAS (1995), de 3,15 Mcal; por FERREIRA et al. (1999), de 3,03 Mcal; e por PAULINO et al. (1999b), de 3,38 Mcal; porém foi superior aos

obtidos pelo NRC (1984), de 2,80 Mcal; por SIGNORETTI et al. (1999), de 2,83 Mcal; e por ROCHA e FONTES (1999), de 2,49 Mcal; sendo inferior à exigência determinada por ARAÚJO et al. (1998), de 3,46 Mcal.

Para determinação das exigências de acordo com o peso vivo, foram convertidos os PCVZ em PV, utilizando as equações lineares de regressão do peso vivo, em função do peso corporal vazio dos animais do presente estudo, mostradas na Tabela 7.

Conclusões

Tabela 7 - Equações de predição dos pesos de corpo vazio (PCVZ, kg), em função do peso vivo (PV, kg), dos animais dos tratamentos ganho contínuo, ganho compensatório e manutenção

Table 7 - Prediction equations of the empty body weight (EBW, kg), in function of live weight (LW, kg) of animals in continuous gain, compensatory gain and maintenance

Tratamento <i>Treatment</i>	Equação de predição <i>Prediction equation</i>	r ²
Ganho contínuo e ganho compensatório <i>Continuous gain and compensatory gain</i>	PCVZ = - 28,8078 + 0,5936* PV	0,98**
Mantença <i>Maintenance</i>	PCVZ = - 17,9057 + 0,5936* PV	0,98**

** Significativo (P<0,01) (Significant [P<.01]).

Com o aumento do PV dos animais, houve incremento dos conteúdos corporais de proteína, gordura e energia. Entretanto, a concentração de proteína, por unidade de PCVZ, reduziu-se, contrapondo-se às elevações das concentrações de gordura e energia, independentemente do regime alimentar anterior ao confinamento.

A exigência de energia de manutenção, determinada para os animais do tratamento ganho compensatório, foi de 47,50 kcal por unidade de tamanho metabólico, situando-se abaixo dos valores estabelecidos pelo NRC (1996) e determinados por alguns autores, no Brasil, para animais em fase de crescimento normal.

As exigências líquidas de proteína para ganho de peso situaram-se dentro do intervalo de resultados obtidos por pesquisadores brasileiros para animais mestiços europeus ou zebuínos, em fase de crescimento normal.

Referências Bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. 1993. *Energy and protein requirements of ruminants*. Technical Committee on responses to nutrients. Wallingford: CAB International. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. 1980. *The nutrient requirements of farm livestock*. England: Commonwealth Agricultural Bureaux. 350 p.

ARAÚJO, G.G.L., COELHO DA SILVA, J.F., VALADARES FILHO, S.C. et al. 1998. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. *R. Bras. Zootec.*, 27(5):1013-1022.

CARSTENS, G.E., JOHNSON, D.E., ELLEMBERGER, M.A. 1987. The energetics of compensatory growth in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 65(Suppl. 1):263.

ESTRADA, L.H.C., FONTES, C.A.A., JORGE, A.M. et al. 1997. Exigências nutricionais de bovinos não-castrados em confinamento. 1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. *R. Bras. Zootec.*,

26(3):575-583.

FERREIRA, M.A., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F. et al. 1999. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos F1 Simental x Nelore. *Rev. bras. zootec.*, 28(2):352-360.

FERREL, C., KOONG, L., NIENABER, J. 1986. Effect of previous nutrition on body composition and maintenance energy cost of growing lambs. *Br. J. Nutr.*, 56:645-661.

FOX, D., JOHNSON, R., PRESTON, L. et al. 1972. Protein and energy utilization during compensatory growth in beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 33(2):310-318.

FREITAS, J.A. *Composição corporal e exigências de energia e proteína em bovinos (zebuínos e mestiços) e bubalinos não-castrados, em confinamento*. Viçosa, MG:UFV, 1995. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.

GONÇALVES, L.C. *Digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e características das carcaças de zebuínos, taurinos e bubalinos*. Viçosa, MG:UFV, 1988. 238p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.

GRAYBILL, F.A. 1976. *Theory and application of the linear model*. Massachusetts: Duxburg Press. 704p.

GUIMARÃES, R.F. *Ganho de peso, consumo e conversão alimentar, composição corporal e características de carcaça de novilhos mestiços durante o ganho compensatório*. Viçosa, MG: UFV, 1999. 111p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

HANKINS, O.G., HOWE, P.E. 1946. *Estimation of the composition of beef carcasses and cuts*. s.e., USDA, (Technical Bulletin, 926).

HARVEY, W.R. 1987. *Mixed model least squares and maximum likelihood computer program (LSMLWM)* Versão PC - 1.

KOCK, S.W., PRESTON, R.L. 1979. Estimation of bovine carcass composition by the urea dilution technique. *J. Anim. Sci.*, 48(2): 319-327.

LANA, R.P., FONTES, C.C.A., PERON, A.J. et al. 1992a. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), de novilhos de cinco grupos raciais. 2. Exigências de energia e proteína. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 21(3):528-537.

LANA, R.P., FONTES, C.C.A., PERON, A.J. et al. 1992b. Composição corporal e do ganho de peso e exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), de novilhos de cinco grupos raciais. 1. Conteúdo corporal e do ganho de peso em gordura, proteína e energia. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 21(3):518-527.

LAWRENCE, T.L.J., FOWLER, V.R. 1997. *Growth of farm*

- animals*. New York: CAB International. 330p.
- LOFGREEN, G.P., GARRETT, W.N. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.*, 27(3):793-806.
- MARGON, A.L. *Requerimentos de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para engorda de novilhos zebu*. Viçosa, MG:UFV, 1981. 74 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1981.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1984. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6.ed. Washington, D.C. 90p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. 1996. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7.ed. Washington, D.C. 242p.
- NICOL, A.M., KITESSA, S.M. Compensatory growth in cattle - revisited. In: NEW ZEALAND SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION SYMPOSIUM, 55, 1995, Otago University. *Proceedings...* Otago: Otago University: 1995. p.157-160.
- PAULINO, M.P., FONTES, C.C.A., JORGE, A.M. et al. 1999a. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não-castrados em confinamento. *Rev. bras. zootec.*, 28(3):621-626.
- PAULINO, M.P., FONTES, C.C.A., JORGE, A.M. et al. 1999b. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos de quatro raças zebuínas. *Rev. bras. zootec.*, 28(3):627-633.
- PIRES, C.C., FONTES, C.A.A., GALVÃO, J.G. et al. 1993a. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. I. Composição corporal e exigências de proteína para ganho de peso. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 22(1):110-120.
- PIRES, C.C., FONTES, C.A.A., GALVÃO, J.G. et al. 1993b. Exigências nutricionais de bovinos de corte em acabamento. II. Exigências de energia para manutenção e ganho de peso. *R. Soc. Bras. Zootec.*, 22(1):121-132.
- ROCHA, E.O., FONTES, C.A.A. 1999. Composição corporal, composição do ganho de peso e exigências nutricionais de novilhos de origem leiteira. *Rev. bras. zootec.*, 28(1):159-168.
- ROMPALA, R.S., BUCHANAN-SMITH, J. BAYLEY, H. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. *J. Anim. Sci.*, 61(3):637-646.
- RYAN, W.J. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)*. 60(9):653-664.
- SAINZ, R.D., DE LA TORRE, F., OLTJEN, J.W. 1995. Compensatory growth and carcass quality in growth-restricted and refed steers. *J. Anim. Sci.*, 73:2971-2979.
- SALVADOR, M. *Exigências de energia e proteína para engorda de novilhos azebuados*. Viçosa, MG: UFV, 1980. 70p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1980.
- SIGNORETTI, R.D., COELHO DA SILVA, J.F., VALADARES FILHO, S.C. et al. 1999. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína de bezerras da raça Holandesa alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. *Rev. bras. zootec.*, 28(1):195-204.
- SILVA, D.J. 1990. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV. 165p.
- TEIXEIRA, J.C. *Exigências de energia e proteína, composição e área corporal e principais cortes da carcaça em seis grupos genéticos de bovídeos*. Viçosa, MG: UFV, 1984. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- WILSON, P.N., OSBOURN, D.F. 1960. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biological Reviews*, 35:324-363.

Recebido em: 19/04/00

Aceito em: 29/09/00