

Exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil: desafios

Sebastião de Campos Valadares Filho¹, Mario Luiz Chizzotti², Pedro Veiga Rodrigues Paulino¹

RESUMO

A alimentação tem grande impacto sobre os custos de produção. Os nutrientes requeridos pelos animais têm sido extensivamente pesquisados, e diversos sistemas de alimentação já foram desenvolvidos, considerando as peculiaridades de cada sistema de produção. As exigências nutricionais de energia e proteína têm sido determinadas pelo método do abate comparativo, e os principais resultados nacionais, que permitiram a construção de um sistema de exigências nutricionais de Zebuínos no Brasil, serão apresentados nessa revisão. Entretanto, muitos desafios estão presentes, e uma vez solucionados, podem contribuir significativamente com o desenvolvimento de sistemas de alimentação cada vez mais acurados e robustos. Dentre esses, a determinação de eficiências de utilização da EM variáveis, a determinação dos custos energéticos relacionados à atividade física, os efeitos de períodos de restrição alimentar, o impacto do desempenho animal sobre o aumento dos gastos energéticos envolvidos com a síntese de tecidos, e as exigências de aminoácidos de bovinos merecem destaque. Estudos mais específicos ainda precisam ser conduzidos para aumentar o banco de dados e preencher lacunas ainda existentes, possibilitando que novas metas-análise sejam conduzidas no futuro para que os modelos sejam constantemente atualizados e avaliados.

Palavras-chave: Energia, proteína, manutenção, ganho de peso, Zebu

ABSTRACT

Nutrient requirements of beef cattle in Brazil: challenges

Feeding has a large impact on production costs. The nutrient requirements by animals have been widely studied and several feeding systems were developed considering the particularities of each production system. Energy and protein requirements have been determined using the comparative slaughter technique and the main national results, which allowed the development of a nutrient requirement system for Zebu in Brazil, will be presented in this review. Nonetheless, there is a number of challenges, which, once resolved, can significantly contribute to the development of even more accurate and robust feeding systems. Among them, the determination of the variable efficiency of use of metabolizable energy, energetic costs related to physical activity, effect of restricted feeding, impact of animal performance on energetic cost of tissue synthesis and the bovine amino acid requirements are relevant. Further studies need to be carried out to increase the data base and fill existing gaps, allowing new meta-analysis to continually update and evaluate models in the future.

Key words: energy, protein, maintenance, weight gain, Zebu

Recebido para publicação em março de 2009 e aprovado em maio de 2009

¹ Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H. Rolfs, s/n – Centro – 36571-000 - Viçosa – MG. E-mail:scvfilho@ufv.br

² Universidade Federal do Vale do São Francisco – Colegiado Acadêmico de Zootecnia, Av. José de Sá Maniçoba, s/n- Centro – 56330-480 - Petrolina – PE.

INTRODUÇÃO

Na bovinocultura de corte a nutrição é o item de maior custo operacional de produção. Algumas tecnologias desenvolvidas no País na área nutricional têm encontrado cada vez mais usuários, em função de sua favorável relação custo-benefício. A formulação de dietas balanceadas de acordo com as recomendações de um bom modelo de predição das exigências nutricionais aumenta a eficiência produtiva e melhora a eficiência econômica. Assim, pesquisas direcionadas à nutrição animal tornam-se necessárias para gerar tecnologias que minimizem os custos com nutrição. Tecnologias a serem adotadas no Brasil devem respeitar suas características, em que a composição do rebanho, os alimentos disponíveis e o clima são típicos e únicos de ambientes tropicais.

O Brasil caracteriza-se por peculiaridades já bem estabelecidas, como predominância de gado puramente zebuínio ou com algum grau de sangue presente, exploração em sistema extensivo de criação e sazonalidade no regime de chuvas, que tem impacto direto na qualidade e produção de matéria seca de pasto e de grãos destinados à suplementação dos animais. Entretanto, os confinamentos têm evoluído crescentemente no País, demandando também conhecimentos específicos que possam proporcionar redução nos custos de produção. A real importância em se determinar as exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil, notadamente de Zebuínos (Nelore), está em se obter informações mais próximas da necessidade de cada nutriente pelo animal, nas condições brasileiras e na utilização de tais informações para o correto balanceamento de rações para diferentes níveis de desempenho, objetivando melhorar o desempenho produtivo do rebanho, com resultado econômico favorável.

A pesquisa científica mundial em nutrição animal tem definido, há mais de um século, os nutrientes requeridos pelos animais (Preston, 2006). Conhecer os nutrientes demandados, e a concentração ou a quantidade dos mesmos na dieta que determinada a categoria animal são exigidos para obter desempenho desejado. Também o conhecimento do valor nutricional dos alimentos disponíveis compõe a base que permite formular dietas e planejar e implementar o manejo nutricional do rebanho de forma eficiente, técnica e economicamente.

Diversos países já estabeleceram as normas nutricionais de seus rebanhos bovinos de corte, levando em consideração as peculiaridades de suas realidades, apresentando atualizações e evoluções: França (INRA, 1978; INRA, 2007), Reino Unido (ARC, 1965; ARC, 1980; AFRC, 1993), Estados Unidos (NRC 1984; NRC, 2000) e Austrália (CSIRO, 1990; CSIRO, 2007). No Brasil, historicamente, a determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte tem sido alvo da pesquisa científica a partir do início da década de 1980, quando foram concluídos os primei-

ros trabalhos (Valadares Filho *et al.*, 2005). A partir da década de 1990, o número de trabalhos envolvendo exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil aumentou de forma expressiva, e a partir de então vários outros trabalhos foram conduzidos, o que permitiu o acúmulo de informação suficiente para se realizar uma compilação de dados nacionais, como o fez Silva *et al.* (2002). Mais tarde, Valadares *et al.* (2006a,b) publicaram a primeira versão de uma tabela de recomendações de exigências nutricionais para bovinos de corte, publicação intitulada “Exigências nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos - BR-Corte”, fruto da compilação mais criteriosa de trabalhos realizados no Brasil envolvendo a determinação de exigências nutricionais de Zebuínos, especificamente. Recentemente, Chizzotti *et al.* (2008b) realizaram uma meta-análise de diversos experimentos envolvendo Zebuínos de diferentes classes sexuais, puros e cruzados com raças européias. O que se verifica com esses trabalhos é que, com o passar do tempo, a base de dados aumenta e a análise deles passa a seguir critérios mais específicos, empregando-se metodologias mais avançadas.

DETERMINAÇÃO DO PESO DE CORPO VAZIO

A melhor forma de expressar as exigências nutricionais é em relação ao peso de corpo vazio (PCVZ) do animal, ou seja, o peso corporal descontado o conteúdo gastrintestinal. Para converter PCVZ em peso vivo, o NRC (2000) adota a relação $PCVZ/PV = 0,891$ e para transformar o ganho de peso vivo (GPV) em ganho de corpo vazio (GPCVZ) sugere o fator 0,956. Chizzotti *et al.* (2008b) reportaram que as relações PCVZ:PV e GPCVZ:GPV independem da classe sexual e raça e que o PCVZ e GPCVZ podem ser estimados a partir das seguintes equações:

$$PCVZ \text{ (kg)} = -15,6 + 0,928 \times PV \text{ (kg)}$$

$$GPCVZ \text{ (kg/dia)} = 0,961 \times GPV \text{ (kg/dia)}$$

Valadares *et al.* (2006a) recomendaram o valor de 0,896 para a relação PCVZ:PV e de 0,933 para GPCVZ:GPV para animais zebuínos de diferentes classes sexuais que estão próximos aos adotados pelo NRC (2000).

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA MANTENÇA

As exigências de energia líquida (EL_m) e metabolizável (EM_m) para manutenção de bovinos de corte no Brasil têm sido calculadas, na grande maioria, utilizando-se o método do abate comparativo, em que a produção de calor não é diretamente mensurada, mas obtida pela diferença entre o consumo de energia metabolizável e a energia retida no corpo vazio, conforme a equação a seguir:

$$\text{CEM} = \text{ER} + \text{PC},$$

em que CEM = consumo de energia metabolizável;
ER = energia retida; e PC = produção de calor.

Determinados então a energia retida, o consumo de energia metabolizável e a produção de calor (por diferença), torna-se possível realizar os cálculos referentes às exigências de manutenção. Os valores de ER, CEM e PC são expressos, geralmente, em Mcal ou Kcal por unidade de peso de corpo vazio médio metabólico por dia (Kcal/PCVZ^{0,75}/dia).

A determinação da energia corporal tem sido obtida pela determinação direta e moagem de todos os componentes da meia carcaça e dos órgãos e vísceras, o que constitui um método laborioso e de alto custo. Novas tecnologias, como a ultrasonografia, podem permitir a avaliação do conteúdo energético *in vivo* (Chizzotti *et al.*, 2008a) facilitando os estudos e envolvendo exigências nutricionais.

As exigências líquidas de energia para manutenção (EL_m), que correspondem ao calor produzido numa situação de jejum, têm sido calculadas como sendo o antilogaritmo do intercepto da equação de regressão entre o logaritmo da produção de calor e a ingestão de energia metabolizável (EM), conforme preconizado por Lofgreen & Garret (1968).

O NRC (2000) estabeleceu que as exigências de energia líquida de manutenção para novilhas e machos castrados seriam de 77 kcal por unidade de peso vivo metabólico, sendo essa a estimativa da produção de calor em jejum obtida por Lofgreen & Garret (1968). Com o avanço dos softwares estatísticos, a logaritimização dos dados torna-se dispensável, e a EL_m pode ser estimada a partir do intercepto da regressão não-linear da PC no CEM, conforme a equação: $\text{PC} = \text{intercepto} \times e^{a \times \text{CEM}}$. A EL_m pode ser estimada por um processo iterativo até que o CEM se iguale à PC, ou seja, quando toda a energia metabolizável consumida será perdida como calor (EL_m).

Valadares *et al.* (2006a), utilizando dados de 187 animais zebuínos (Nelore), na sua grande maioria animais não-castrados, obtidos em nove experimentos, reportaram valor de EL_m de 78,5 kcal/PCVZ^{0,75}/dia, EM_m de 114,82 e eficiência de utilização da energia metabolizável de 0,68 (78,5/114,8).

Chizzotti *et al.* (2008b) estimaram que as exigências de manutenção foram de 75 kcal/PCVZ^{0,75}/dia em estudo envolvendo análise de dados de 389 animais Nelore, puros ou cruzados com raças taurinas (Figura 1).

Para animais Zebu, ao revisar um conjunto de dados obtidos com várias raças zebuínas, o NRC (2000) concluiu que um desconto de 10% deveria ser aplicado, o que resultaria em exigências de energia líquida para manutenção de 69,3 kcal/PV^{0,75}/dia. Considerando-se que o

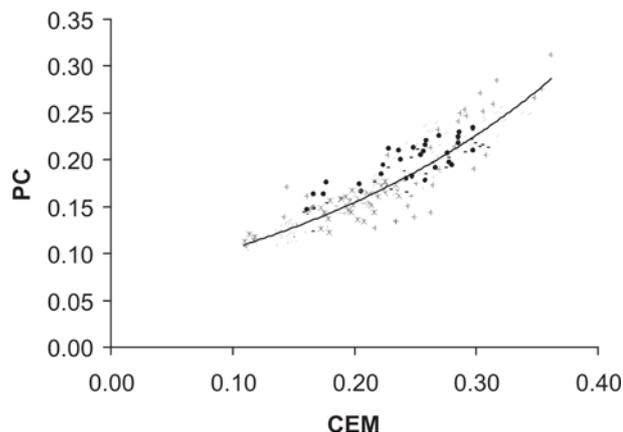


Figura 1. Relação exponencial entre a produção de calor (PC, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) e o consumo de energia metabolizável (CEM, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia). $\text{PC} = 0,075 \times e^{3,581 \times \text{CEM}}$, $R^2 = 0,78$. (Adaptado de Chizzotti *et al.*, 2008b)

NRC (2000) estabelece que animais inteiros apresentam exigências de manutenção 15% superiores em relação a machos castrados, animais zebuínos inteiros teriam EL_m de 79,69 kcal/PV^{0,75}/dia, valor muito próximo ao encontrado por Valadares Filho *et al.* (2006a). É interessante destacar, no entanto, que de todos os trabalhos avaliados pelo NRC nenhum incluía a raça Nelore. Entretanto, Chizzotti *et al.* (2008b), comparando Nelore puros com cruzados de Nelore com raças taurinas (Angus, Red Angus, Simental, Limousin e Brangus), não detectaram diferença entre bovinos Nelore puros (n = 271) e cruzamentos de Nelore x *Bos taurus* (n = 118) quanto às suas exigências de manutenção.

Paulino (2006), utilizando animais Nelore (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) da mesma idade e provenientes de mesma fazenda, reportou que não houve diferença entre as três classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) nas exigências de energia para manutenção. Tedeschi *et al.* (2002) também reportaram exigências de manutenção semelhantes entre machos castrados e inteiros. A ausência do efeito de sexo nas exigências de energia de manutenção não concorda com o NRC (2000), que considera que animais inteiros exigem 15% a mais de energia líquida para manutenção. Ainda assim, a condição sexual não afetou as exigências líquidas de manutenção no estudo de Chizzotti *et al.* (2008b) envolvendo 262 machos inteiros, 103 machos castrados e 24 fêmeas.

As exigências de energia metabolizável para manutenção (EM_m), que correspondem ao consumo de EM em que a ER iguala-se a 0, também podem ser estimadas a partir da relação entre o consumo de energia metabolizável e a energia retida (Figura 2).

Embora a relação entre ER e CEM seja curvilínea, é possível separá-la em duas partes distintas, representadas por duas funções lineares (Figura 2), uma em que ER

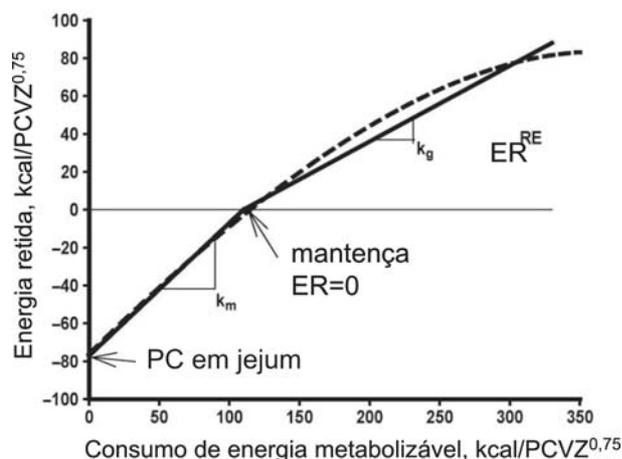


Figura 2. Relação entre energia retida e consumo de energia metabolizável (Adaptado de Ferrell & Oltjen, 2008).

é positiva e outra em que ER é negativa. Assim, torna-se possível estimar as EM_m . Utilizando-se essa técnica, Valadares Filho *et al.* (2006a) calcularam as EM_m de animais zebuínos como sendo de 114,82 kcal/kg^{0,75}/dia. A partir da inclinação das duas retas (Figura 2) é possível determinar as eficiências de utilização da EM em EL para manutenção (K_m , utilizando a reta com valores de ER negativos) e para ganho (K_g , utilizando a reta contendo ER positiva). Embora amplamente empregado, este método de determinação de K_m e K_g produz valores de eficiência estáticos, apesar de serem conhecidos diversos fatores que afetam essa eficiência, como a proporção de ácidos graxos voláteis absorvidos, o nível de fibra dietética, o nível de consumo de EM, entre tantos outros para K_m e a proporção de gordura e proteína no GPCVZ para K_g .

Dessa forma, um grande desafio para avanços na determinação da eficiência de utilização da EM reside em determinar um K_m variável capaz de promover ajustes em função de diferentes dietas que notadamente impactam diretamente essa eficiência de conversão.

A determinação dos custos energéticos relacionados à atividade física também não foi estabelecida em condições tropicais e necessita ser investigada para permitir ajustes em diferentes sistemas de produção, visto que animais alimentados a pasto caminham diariamente distâncias consideravelmente maiores que animais confinados.

Por fim, os efeitos de períodos de restrição alimentar sobre as exigências de energia para manutenção também carecem de mais informações. O CEM tem forte influência sobre a massa e a atividade metabólica do fígado e do trato gastrointestinal que impactam diretamente no total de energia utilizada para manutenção. Assim, em períodos de restrição de CEM, como na estação seca do ano para animais a pasto, o organismo se adapta ao menor consumo de energia, diminuindo os órgãos de alta ativi-

dade metabólica, diminuindo assim a quantidade de energia necessária para sua manutenção. Quantificar essa alteração na exigência para manutenção constituirá importante avanço em sistemas de alimentação de bovinos.

EXIGÊNCIAS DE ENERGIA PARA GANHO

A composição do ganho de corpo vazio é a principal determinante das exigências de energia para ganho de peso, que são estimadas a partir da energia retida no corpo. O que determina a composição do ganho de corpo vazio não é o peso corporal absoluto, mas o peso relativo ao peso à maturidade do animal. A energia retida no corpo (ER) é exponencialmente ou linearmente crescente em função do consumo de energia metabolizável.

Durante o crescimento, à medida que o peso do animal aproxima-se de seu peso adulto (ou peso à maturidade), a porcentagem de gordura no ganho de peso aumenta enquanto a de músculo diminui. O peso à maturidade foi definido por Owens *et al.* (1995) como o peso em que a massa protéica corporal atinge o seu máximo, ou seja, o acréscimo de proteína declina a praticamente zero, o que tem sido verificado quando os animais apresentam em torno de 36% de gordura no peso de corpo vazio. Raças precoces, como as britânicas (Angus, Red Angus, etc), apresentam peso na maturidade inferior ao de raças tardias, como as continentais (Limousin, Charolês, Simental etc). O peso padrão adotado pelo NRC (2000) é de 478 kg, equivalente a um animal com 28% de gordura corporal, sendo baseado em dados com predominância de bovinos Angus. Bovinos Nelore dificilmente apresentarão o teor de 28% de gordura corporal no corpo vazio à maturidade, tornando necessária a definição do teor de gordura e do peso vivo à maturidade para esta raça.

Determinar o peso e a composição corporal à maturidade de bovinos Nelore consiste em um desafio fundamental para melhoria nas estimativas de exigências de energia para ganho de peso. A condução de pesquisas com abates sucessivos e escalonados de animais, em diferentes faixas de peso, permitirá definir a que peso animais Nelore atingem o peso na maturidade e com que teor de gordura corporal.

O NRC (2000) estima as exigências de energia líquida para ganho (EL_g) a partir do peso de corpo vazio (PCVZ) e do ganho de peso de corpo vazio desejado (GPCVZ) a partir da seguinte equação: $ER = 0,0635 \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,097}$. Essa equação foi construída considerando-se como base um novilho castrado, com peso de 478 kg e teor de gordura corporal de 28%.

O efeito de raça sobre as exigências de energia para ganho são atribuídos aos diferentes pesos adultos e precocidade de deposição de gordura das diferentes raças utilizadas para produção de carne. Os diferentes pesos à maturidade

das raças determinarão diferentes graus de maturidade de animais com mesmo peso absoluto. Dessa forma, para animais de mesmo peso absoluto e à mesma taxa de ganho em peso, são esperadas maiores concentrações energéticas no ganho de animais de raças de menor peso à maturidade em relação aos de raças de maturidade mais tardia.

O NRC (2000) recomenda aplicar o fator de 18% a mais ou menos para se obterem as exigências de energia líquida para ganho de peso de fêmeas e machos inteiros, respectivamente.

Chizzotti *et al.* (2008b) recomendaram a seguinte equação para predição da EL_g , de animais zebuínos:

$$EL_g = a \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,070}$$

Em que PCVZ = peso de corpo vazio, kg; GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio; e a é igual a 0,0514; 0,0700; ou 0,0771 para machos inteiros, machos castrado e fêmeas, respectivamente, sugerindo, ainda, que a EL_g de machos castrados é 27% superior à de machos inteiros e 10% inferior à de fêmeas.

Para converter as exigências de energia líquida em exigências de energia metabolizável para ganho de peso, torna-se necessário conhecer a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (K_g).

Valadares *et al.* (2006a) reportaram que para dietas com baixa energia (com teores de concentrados inferiores a 50%), o valor de K_g , foi de aproximadamente 0,35 e para dietas com alta energia, o valor de K_g foi de aproximadamente 0,47 e que, analisando os dados de todas as dietas em conjunto, o valor de K_g obtido foi de aproximadamente 0,38. Logo, a utilização desse valor para todas as taxas de ganho de peso, ou seja, diferentes níveis de energia na dieta, poderia subestimar as exigências de energia metabolizável para ganho de peso de dietas com baixa energia e superestimar para dietas com alta energia.

Ao invés da utilização de um K_g fixo, Chizzotti *et al.* (2008b) propuseram o uso de uma equação para cálculo de um K_g variável em razão da composição do ganho. A concentração energética do tecido gorduroso é distinta da do tecido protéico, e como a eficiência de deposição de energia em forma de gordura é superior à de proteína ($K_f = 0,77$; $K_p = 0,21$, respectivamente; Paulino *et al.*, 2007), o K_g pode ser estimado a partir da deposição e da eficiência de deposição desses nutrientes, conforme a equação (Tedeschi *et al.*, 2004):

$$K_g = (K_f \times K_p) / [K_p + (\%ER_p/100) \times (K_f - K_p)],$$

Em que $\%ER_p$ é a porcentagem de energia retida na forma de proteína (em relação a energia total) no ganho de corpo vazio. A $\%ER_p$ é exponencialmente decrescente em relação à energia retida (EL_g) e pode ser estimada de acordo com a seguinte equação:

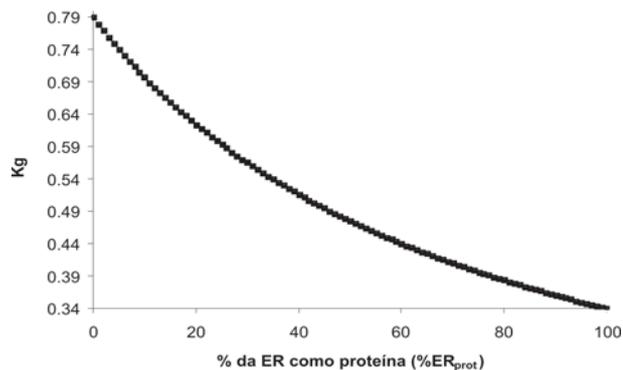


Figura 3. Relação entre a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho (K_g) e a composição do ganho de corpo vazio, utilizando $K_f=0,79$ e $K_p=0,34$ (Chizzotti *et al.*, 2008b).

$$\%ER_p = 0,101 + 1,667 \times e^{(-0,660 \times EL_g)}$$

Substituindo-se os valores de K_f e K_p , o K_g pode ser estimado em função da % de energia depositada em forma de proteína no GPCVZ (Figura 3, Chizzotti *et al.*, 2008b).

A síntese de tecidos, que resulta ganho de peso, demanda alta quantidade de energia. À medida que a taxa de ganho de peso aumenta, e ocorre só com o aumento da síntese de tecidos e para suportar essa maior taxa de síntese de tecidos, todo o metabolismo é afetado, aumentando a absorção, o transporte e a assimilação de nutrientes, o *turnover* protéico, o consumo de oxigênio e a produção de calor. Dessa forma, o nível de produção aumentado eleva não só a ER no corpo, mas também aumenta o gasto energético envolvido com o aumento na síntese dos tecidos formados (Williams e Jenkins, 2003). Dessa forma, determinar o impacto do desempenho animal sobre o aumento dos gastos energéticos envolvidos com a síntese adicional de tecidos constitui um desafio a ser solucionado em futuros sistemas de alimentação.

EXIGÊNCIAS DE PROTEÍNA

A proteína é um dos nutrientes mais nobres para os seres vivos, estando envolvida em funções vitais diversas no organismo como: crescimento e reparo dos tecidos, catálise enzimática, transporte e armazenamento, movimento coordenado, sustentação mecânica, proteção imunitária, geração e transmissão de impulsos nervosos e controle do metabolismo, do crescimento e da diferenciação celular. Portanto, garantir adequado suprimento protéico aos animais significa provê-los de um nutriente essencial para manutenção de sua homeostase, propiciando a produção de carne de forma eficiente. Os ruminantes apresentam peculiaridades em sua nutrição protéica, porém, suas demandas em proteína são atendidas através de aminoácidos absorvidos no intestino delgado, como em qualquer outro animal, apesar de gran-

de parte dos aminoácidos absorvidos (50 a 80%) serem advindos da proteína microbiana sintetizada no rúmen (Bach *et al.*, 2005). Aliado ao desperdício econômico, o excesso de proteína na dieta resulta em alterações reprodutivas e em aumento nas excreções de uréia na urina, aumentando o gasto energético do animal para sintetizar e excretar a uréia, além de aumentar a contaminação ambiental. A correta formulação das dietas, atendendo às exigências protéicas dos animais, é uma das formas de minimizar a excreção de nitrogênio para o ambiente, logo se torna necessário o conhecimento das exigências em proteína dos animais.

Ainda há um número muito reduzido de trabalhos nacionais envolvendo a mensuração das exigências de proteína para manutenção de zebuínos. Valadares *et al.* (1997), considerando tanto as perdas endógenas fecais, por intermédio da regressão entre a ingestão de nitrogênio (N) digestível e a ingestão de N, quanto às perdas urinárias endógenas, pela regressão entre a excreção de N total urinário e a ingestão de N, estimaram exigências de proteína metabolizável para manutenção de 4,13 g/kg PV^{0,75}/dia. Véras *et al.* (2007), trabalhando com bovinos Nelore de três classes sexuais (machos inteiros, machos castrados e fêmeas), alimentados com quatro níveis de proteína bruta (7, 10, 13 e 15%), en-

contraram valor único para as três classes sexuais de 0,431 g N/kg^{0,75}, utilizando o intercepto da equação de regressão obtido entre o N retido e o consumo de N, expressos em g N/kg^{0,75} (Figura 4). Esse valor é equivalente a 2,69 g de proteína /PV^{0,75}/dia, sendo superior ao de 2,3 citado pelo AFRC (1993).

Para converter as exigências líquidas de proteína em exigências de proteína metabolizável para manutenção, utilizou-se um fator de 0,667, obtido através da relação entre nitrogênio retido e nitrogênio absorvido (Figura 5), muito próxima à recomendada pelo NRC (1984) de 0,67. Utilizando-se este valor de eficiência e considerando-se as exigências líquidas de proteína para manutenção de 2,69 g de proteína/kg^{0,75}, obteve-se as exigências de proteína metabolizável para manutenção de 4,03 g/kg^{0,75}, bastante próximas do valor recomendado pelo NRC (2000), de 3,8 g/kg^{0,75}.

Dessa forma, recomenda-se usar o valor de 4,0 g/kg^{0,75} para as exigências de proteína metabolizável para manutenção de animais zebuínos.

Apesar das perdas endógenas, por descamação e pêlos, constituírem em teoria proteína para manutenção, essas não são consideradas nos ensaios de balanço de N. A determinação das exigências de proteína para manutenção só é possível em delineamentos experimentais contendo dietas com diferentes teores de proteína dietética. Por outro lado, para determinar as exigências de energia, o delineamento é feito em função de diferentes teores de EM em dietas isoprotéicas. Portanto, o banco de dados de exigências nutricionais é composto em sua grande maioria por experimentos com níveis fixos de proteína e variáveis de energia, o que impede a sua correta utilização para inferências matemáticas a respeito das exigências de proteína para manutenção. Assim, seriam necessários novos experimentos, com níveis variáveis de proteína dietética para uma predição mais robusta da real necessidade de proteína para manutenção.

As exigências líquidas de proteína para crescimento e terminação são dependentes do conteúdo de matéria seca livre de gordura no peso ganho. Dessa forma, sua determinação é dependente da mensuração da composição corporal dos animais, variando, assim, com o peso, a taxa de ganho de peso, raça, o sexo, os efeitos dietéticos e o manejo nutricional (Fox & Black, 1984). Em decorrência dessa variação no conteúdo do ganho, observa-se que os requerimentos líquidos de proteína para ganho são maiores em bovinos inteiros do que em castrados e em animais de maturidade tardia do que em animais mais precoces (Geay, 1984), uma vez que machos inteiros depositam mais tecido magro no corpo do que machos castrados (Vanderwert *et al.*, 1985), que, por sua vez, depositam mais do que fêmeas de mesma idade (Berg & Butterfield, 1976).

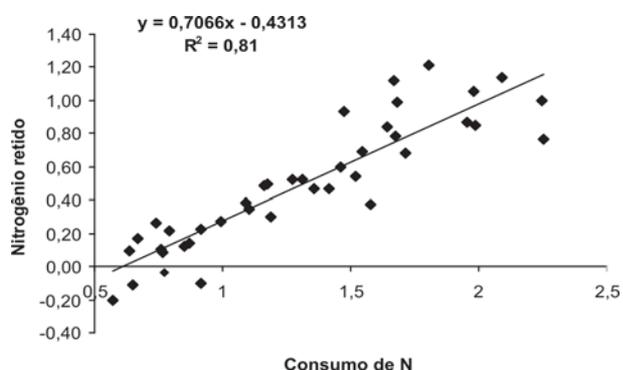


Figura 4. Relação entre consumo de N e o N retido (g/kg^{0,75}). Adaptada de Véras *et al.* (2007).

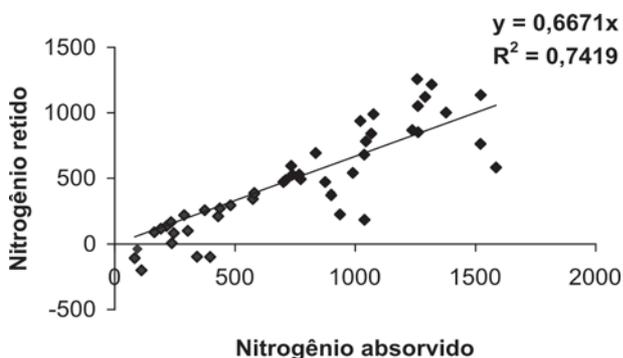


Figura 5. Relação entre o nitrogênio retido e o nitrogênio absorvido. Adaptada de Véras *et al.* (2007).

As exigências líquidas de proteína para ganho de peso (ou proteína retida) são estimadas a partir de equações de regressão da proteína retida (PR) em razão da energia retida (ER) e do ganho de peso vivo em jejum (GPVJ), conforme foi preconizado pelo NRC (2000), visto que há uma relação negativa entre a energia retida e o conteúdo de proteína no ganho de peso dos animais. As equações obtidas por Valadares *et al.* (2006a) para cada classe sexual, independentemente, foram as seguintes:

PR (g/dia) = 26,46 – 9,38 x ER (Mcal/dia) + 183,49 x GPVJ (kg/dia), machos inteiros;

PR (g/dia) = 1,42 – 12,29 x ER (Mcal/dia) + 180,03 x GPVJ (kg/dia), machos castrados; e

PR (g/dia) = 26,81 – 16,48 x ER (Mcal/dia) + 163,87 x GPVJ (kg/dia), fêmeas.

A partir do conhecimento da eficiência de utilização da proteína, pode-se converter as exigências líquidas em exigência de proteína metabolizável. O NRC (2000), considerando que essa eficiência varia com o peso vivo, assume eficiência constante de 49,2% para animais com peso de corpo vazio superior a 300 kg e para aqueles com peso inferior a 300 kg, e adota a equação: $83,4 - (0,114 \times \text{PCVZ})$. Marcondes (2007) avaliou, em experimento de abate comparativo, a relação entre a proteína retida e o consumo de proteína metabolizável e encontrou a seguinte equação: $\text{PR} = 6,6804 + 0,5018 \times \text{CPM}$, em que PR = proteína bruta retida (g/kg^{0,75}) e CPM = consumo de proteína metabolizável (g/kg^{0,75}). Esses dados sugerem uma eficiência de utilização da proteína metabolizável para ganho de 50,2%, muito próxima à utilizada pelo NRC. Assim, para converter as exigências líquidas de proteína para ganho em exigências de proteína metabolizável para ganho de peso, deve-se utilizar o fator de eficiência de 50,2%. As exigências de proteína metabolizável para ganho, somadas às exigências de proteína metabolizável para manutenção, resultam na quantidade total de proteína metabolizável demandada pelo animal a dado peso corporal e a uma taxa de crescimento específica.

As exigências de proteína são altamente influenciadas pelo perfil de aminoácidos absorvidos. O avanço nos estudos envolvendo as exigências de aminoácidos é fundamental para melhor balanceamento de dietas, permitindo melhor entendimento da relação energia:proteína em bovinos de corte. Entretanto, o alto custo envolvido e a intensa transformação dos aminoácidos ingeridos no rúmen dificultam avanços nessa área de estudo tão fundamental para determinação precisa do nível protéico ideal de dietas.

CONCLUSÕES

A pesquisa científica brasileira tem se esforçado bastante nos últimos anos para determinar as exigências nutricionais de bovinos de corte, principalmente de zebuínos em condições tropicais. Já há disponibilidade de dados nacionais que podem e devem ser divulgados à classe produtora para que possam ser utilizados como base na formulação de dietas. Estudos mais específicos ainda precisam ser conduzidos para aumentar o banco de dados e preencher lacunas ainda existentes, possibilitando que novas meta-análises sejam conduzidas no futuro para que os modelos sejam constantemente atualizados. É preciso, no entanto, um *feed-back* do setor produtivo, para que os dados nacionais gerados até então possam ser avaliados quanto à sua aplicabilidade em situações práticas. Assim, espera-se que trabalhos de validação sejam conduzidos em um futuro próximo, para que se possa nortear o caminho das pesquisas, permitindo a aplicação desses modelos de maneira mais abrangente possível.

REFERÊNCIAS

- Agricultural and Food Research Council–AFRC (1993) Energy and protein requirements of ruminants. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux international. 159p.
- Agricultural Research Council–ARC (1965) The nutrient requirements of farm livestock. No 2 Ruminants. London, Commonwealth Agricultural Bureaux. 264p.
- Agricultural Research Council–ARC (1980) The nutrient requirements of ruminant livestock. London, Commonwealth Agricultural Bureaux. 351p.
- Bach A, Calsamiglia S & Stern M D (2005) Nitrogen metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 88: 9 – 21.
- Berg RT & Butterfield RM (1976) New concepts of cattle growth. 1.ed. Sydney, Sydney University Press. 240p.
- Chizzotti ML, Paulino PVR & Valadares Filho SC (2008a) Possibilidades do uso da ultrasonografia para estimação da composição corporal de bovinos. In: 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Lavras. Anais, Sociedade Brasileira de Zootecnia. CD-ROM.
- Chizzotti ML, Valadares Filho SC & Tedeschi LO (2008b) A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, 86: 1588-1597.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization–CSIRO (2007) Nutrient requirements of domesticated ruminants. Collingwood. 270p.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization–CSIRO (1990) Feeding Standards for Australian Livestock. Ruminants. Melbourne. 266p.
- Ferrell CL & Oltjen JW (2008) Asas Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle – concepts, applications, and future models. *Journal of Animal Science*, 86: 2779-2794.
- Fox DG & Black JR (1984) A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *Journal of Animal Science*, 58: 725-739.
- Geay Y (1984) Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science*, 58: 766-778.

- I'Institut National de la Recherche Agronomique-INRA (1978) Alimentation des Ruminants. INRA Publications. Versailles. 232p.
- I'Institut National de la Recherche Agronomique-INRA (2007) Alimentation des bovins, ovins et caprins. Éditions Quae. Versailles. 307p.
- Lofgreen GP & Garret WNA (1968) System for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, 27: 793-806.
- Marcondes MI (2007) Desempenho de bovinos Nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação proteica de alimentos para ruminantes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 136 p.
- National Research Council-NRC (2000) Nutrient requirements of beef cattle. 7 rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. 242p.
- National Research Council-NRC (1984) Ruminant Nitrogen Usage. 6 ed. National Academic Press. Washington, D.C. 138p.
- Owens FN, Gill DR, Secrist DS & Coleman SW (1995) Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 73: 3152-3172.
- Paulino PVR (2006) Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 159p.
- Paulino PVR, Valadares Filho SC, Chizzotti ML, Detmann E, Fonseca MA, Marcondes MI & Sainz, RD (2007) Net partial efficiencies of metabolizable energy utilization for protein and fat gain in Nelore cattle. In: Marty IO, Miraux N & Williams WB (Org.). Energy and protein metabolism and nutrition. 1 ed. Wageningen: Wageningen Academic Publishers, 124: 601-602.
- Preston RL (2006) Feed composition tables. *Beef Magazine*, 42: 50-67.
- Silva FF, Valadares Filho SC, Ítavo LCV, Veloso CM, Valadares RFD, Cecon PR, Paulino PVR & Moraes EHBK (2002) Exigências líquidas e dietéticas de energia, proteína e macroelementos minerais de bovinos de corte no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31: 776-792.
- Tedeschi LO, Boin C, Fox DG, Leme PR, Alleoni GF & Lanna DP (2002) Energy requirement for maintenance and growth of Nelore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal of Animal Science*, 80: 1671-1682.
- Tedeschi LO, Fox DG & Guioy PJ (2004) A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agricultural Systems*, 79: 171-204.
- Vanderwert W, Berger LL, Mckeith FK, Baker AM, Gonyou HW & Betchel PJ (1985) Influence of zeranol implants on growth, behavior and carcass traits in Angus and Limousin bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 61: 310-319.
- Valadares Filho SC, Paulino PVR & Magalhães KA (2006a) Exigências nutricionais de Zebuínos e tabelas de composição de alimentos. BR-Corte. 1 ed. Viçosa: Suprema Gráfica Ltda. 142 p.
- Valadares Filho SC, Paulino PVR & Magalhães KA, Paulino MF & Dettman E (2006b) Tabelas de composição de alimentos e exigências nutricionais de Zebuínos: dados brasileiros. In: Simpósio de Produção de Gado de Corte, Viçosa. Anais, Universidade Federal de Viçosa. p. 47-80.
- Valadares Filho SC, Paulino PVR & Sainz RD (2005) Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: 42ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Goiânia. Anais, Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 261-287.
- Valadares RFD, Gonçalves LC, Sampaio IB, Rodriguez NM & Silva JFC (1997) Níveis de proteína em dietas de bovinos. 2. Consumo, digestibilidades e balanço de compostos nitrogenados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26: p.1259-1263.
- Véras RML, Valadares Filho SC, Valadares RFD, Rennó LN, Paulino PVR & Souza MA (2007) Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bovinos Nelore de três condições sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36: 1212-1217.
- Williams CB & Jenkins TG (2003) A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. *Journal of Animal Science*, 81: 1390-1398.