

MARCOS INÁCIO MARCONDES

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL
DE BOVINOS NELORE PUROS E CRUZADOS**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do
título de *Doctor Scientiae*

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

MARCOS INÁCIO MARCONDES

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL
DE BOVINOS NELORE PUROS E CRUZADOS**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia,
para obtenção do título de
Doctor Scientiae

APROVADA: 02 de Junho de 2010

Prof. Luis Orlando Tedeschi
(Co-orientador)

Prof. Edenio Detmann

Prof. Mário Fonseca Paulino

Prof^a.Rilene Ferreira Diniz Valadares

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Em memória de meu avô, João Inácio, que sempre me inspirou e me indicou o caminho para que eu descobrisse a verdadeira paixão que tenho pela minha profissão.

Aos meus pais, Luiz e Zulma, pelo apoio para a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, por minha formação, e em especial ao Departamento de Zootecnia, pela realização deste curso.

À Texas A&M University pela estrutura e contribuição durante o doutorado sanduíche.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Aos meus pais e irmãos.

À Gabi, minha namorada, pelo amor, apoio e paciência por todos esses anos que estivemos juntos. Sem você nada seria possível. Te amo.

Ao prof. Sebastião de Campos Valadares Filho pelos ensinamentos e apoios nesta fase da minha vida, pelo companheirismo, confiança e excelente orientação.

Ao prof. Pedro Veiga Paulino Rodrigues pela amizade, ensinamentos, reconhecimento e ajuda sempre necessária.

Ao prof. Edênio Detmann pela orientação e ensinamentos durante as análises laboratoriais e estatísticas.

Ao prof. Mário Paulino, pelos conselhos e pelas oportunidades concedidas que possibilitaram a realização deste trabalho.

À prof^a. Rilene Ferreira Diniz Valadares, pelo carinho e amizade, pela minha orientação de iniciação científica durante a graduação, pela ajuda e disponibilidade.

Ao prof. Luis Orlando Tedeschi, pela amizade e orientação durante o doutorado sanduíche na Texas A&M University.

Aos professores Maria Ignez, José Maurício, Rogério Lana, Augusto César, Bento Mâncio, Paulo Sávio e demais professores do Departamento de Zootecnia e dos demais departamentos da Universidade Federal de Viçosa pelo conhecimento transferido.

Aos funcionários do DZO: Joécio, Zé Geraldo, Marcelo, Pum, Zé Antônio, Monteiro, Fernando, Raimundo, Vera, Valdir, Adilson, Celeste, Rosana, Márcia, Mário, Venâncio e Cleone pela ajuda sempre necessária.

Aos meus amigos Cacau e Cristina pela força e disponibilidade.

Aos amigos, estagiários e bolsistas de iniciação científica que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Sei que nem sempre é possível lembrar de todos, mas fiz um esforço grande: Alex, Augusto, Baiano, Camila, Daniel, Denner, Erick, Expedito, Fabiana, Farley, Felipe, Geórgia, Gustavo, Ivanna, Larissa, Laura, Luiz Fernando, Marcelo (Jeca), Márcia, Márcio, Marina, Mateus, Mauric, Mayra, Mosquito, Mozart, Nana, Nathalia, Neto, Paulinha, Paulo Vitor, Pedrão, Pedro, Pitoco, Priscila, Rafaela, Ricardo, Ronald, Saulo, Sushi, Sussu, Tathy, Thiago (2006), Thiago (agronomia), Tiago (pé), Tixa ...

BIOGRAFIA

MARCOS INÁCIO MARCONDES, filho de Luiz Otávio Calvo Marcondes e Zulma Lane Inácio Marcondes, nasceu em Brasília, Distrito Federal, em 13 de janeiro de 1983.

Em Julho de 2005, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em Julho de 2005, iniciou o curso de mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes, submetendo-se à defesa da dissertação em 12 de março de 2007.

Em março de 2007 ingressou no curso de doutorado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Ruminantes.

Em março de 2009 foi para a Texas A&M University para realizar o doutorado sanduíche sob orientação do prof. Luis Orlando Tedeschi.

Em junho de 2010 se submeteu à defesa de tese sob orientação do prof. Sebastião de Campos Valadares Filho e participação dos professores Luis Orlando Tedeschi, Edenio Detmann, Mário Fonseca Paulino e Rilene Ferreira Diniz Valadares.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO.....	1
LITERATURA CITADA.....	5
Eficiência Alimentar de Bovinos Puros e Cruzados Recebendo Alto ou Baixo Nível de Concentrado.....	10
Resumo.....	10
Abstract.....	11
Introdução.....	12
Material e Métodos.....	13
Resultados e Discussões.....	22
Conclusões.....	40
Literatura Citada.....	40
Requerimentos de energia de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental.....	43
Resumo.....	43
Abstract.....	44
Introdução.....	45
Material e Métodos.....	46
Resultados e Discussões.....	55
Conclusões.....	69
Literatura Citada.....	69
Requerimentos de proteína de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental.....	72
Resumo.....	72

Abstract.....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos.....	75
Resultados e Discussões.....	86
Conclusões.....	97
Literatura Citada.....	97
Predicting partial efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain and maintenance of Nellore cattle.....	100
Abstract.....	100
Resumo.....	101
Introduction.....	102
Material and methods.....	103
Results and discussion.....	108
Conclusions.....	123
Literature Cited.....	123
Growth and maturity of Nellore cattle.....	135
Abstract.....	135
Resumo.....	136
Introduction.....	137
Material and methods.....	138
Results and discussion.....	141
Implications.....	150
Literature Cited.....	151
Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section.....	161
Abstract.....	161

Resumo.....	163
Introduction.....	165
Material and methods.....	166
Results and discussion.....	170
Implications.....	188
Literature Cited.....	188
Predição da composição de partes não-carcaça de bovinos.....	200
Resumo.....	200
Abstract.....	201
Introdução.....	202
Material e Métodos.....	203
Resultados e Discussões.....	207
Conclusões.....	222
Literatura Citada.....	223
Conclusões gerais.....	225
Apêndice.....	227

RESUMO

MARCONDES, Marcos Inácio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2010. **Exigências nutricionais e predição da composição corporal de bovinos Nelore puros e cruzados.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-orientadores: Luis Orlando Tedeschi e Pedro Veiga Rodrigues Paulino

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo, desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos de três grupos genéticos e recebendo alto ou baixo nível de concentrado; determinar as exigências nutricionais de proteína e energia de zebuínos puros e cruzados; estabelecer um padrão de crescimento de bovinos Nelore e estimar sua maturidade; validar a predição da composição corporal a partir da composição química da seção entre a 9 e 11^a costelas para zebuínos puros e cruzados e propor novos modelos para estimar a composição de partes carcaça e não-carcaça. O trabalho foi conduzido a partir de duas etapas. A primeira etapa foi realizada na Universidade Federal de Viçosa, onde foi conduzido um experimento utilizando 69 animais (23 Nelore [NE], 23 Nelore-Angus [NA] e 23 Nelore-Simental [NS]), sendo que 12 animais (4 de cada grupo genético) foram abatidos antes do início do experimento como grupo referência e 9 animais foram separados para a realização de um ensaio de digestibilidade. Os animais restantes foram divididos em três dietas (ofertas de concentrado na base de 1 ou 2% do peso corporal à vontade ou 1% ao nível de manutenção). Ao final todos animais foram abatidos e a composição corporal e o peso de corpo vazio (PCVZ) determinados. A segunda etapa foi realizada na Texas A&M University, onde foram coletados dados de composição corporal e consumo de nutrientes de 26 estudos para estimação da eficiência de uso da energia metabolizável, avaliação da maturidade e predição da composição corporal de animais zebuínos. O consumo de matéria seca e demais nutrientes foi maior para o alto nível de oferta de concentrado, excetuando-se a fibra em detergente neutro. A avaliação da eficiência alimentar e do índice bionutricional não evidenciou diferença entre os níveis de oferta de concentrado. Os animais cruzados foram mais eficientes em todas as formas de

expressão do ganho. O requerimento diário de energia líquida para manutenção de animais Nelore, Nelore-Angus ou Nelore-Simental é de 75,8 kcal/PCVZ^{0,75} e o requerimento de energia metabolizável é de 112,82 kcal/PCVZ^{0,75} e as eficiências de deposição da energia na forma de proteína e gordura são de 26,71 e 75,43%, respectivamente. Não houve efeito de grupo genético sobre os requerimentos líquidos de proteína para ganho e sugere-se utilizar o modelo $PR = GPCVZ \times (238,5 - 16,73 \times (ER/GPCVZ))$ para estimá-los. Não houve efeito de grupo genético sobre as exigências líquidas e metabolizáveis de proteína para manutenção, sendo esses valores de 1,72 g/PCVZ^{0,75} e 3,09 g/PC^{0,75}, respectivamente. Também não houve efeito de grupo genético na energia retida na forma de proteína, assim como na eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho, sendo essa de 37,5%. A equação de predição da eficiência de uso da energia metabolizável para ganho (k_g) foi: $0,327 \pm 0,142 / (0,539 \pm 0,317 + RE_P)$, sendo RE_P a energia retida como proteína. Como o banco de dados continha apenas animais puros e cruzados com Nelore, ainda é necessária uma avaliação desse modelo de k_g com animais taurinos puros. A equação de predição da eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k_m) foi $0,513 \pm 0,024 + 0,173 \pm 0,061 \times k_g + a \times GPCVZ$, onde a é igual a $0,100 (\pm 0,021)$ ou $0,073 (\pm 0,021)$ para *Bos indicus* e cruzados, respectivamente. O modelo exponencial sugeriu que animais Nelore atingem a maturidade com 445 kg de peso de corpo vazio (PCVZ) e o modelo de platô linear sugeriu que a mesma é atingida com 428,5 kg, assim, foi admitido o valor de 437 kg para a maturidade de animais Nelore. Foi observada uma alta relação inversa entre a água no tecido mole (TM_A) e o extrato etéreo no tecido mole (TM_{EE}) ($TM_{EE} = 0,920 - 1,147 \times TM_A$), entretanto o tecido mole não foi considerado um bom preditor da maturidade porque sua variação no corpo é dependente da dieta. O estudo da composição química dos ossos mostrou que extrato etéreo, água e cinzas se tornam constantes entre 400 e 500 kg de PCVZ, e que a proteína bruta é praticamente constante (19,1%). Esses dados sugerem que a composição dos ossos pode ser um bom preditor da maturidade. A composição da carcaça pode ser obtida a partir de dados da seção entre a 9 e 11^a costelas (SEC_{9-11}) adicionadas da gordura visceral, rendimento de carcaça e peso de corpo vazio, já a composição do corpo vazio pode ser obtida a

partir da composição da SEC₉₋₁₁, gordura visceral e porcentagem de órgãos e vísceras no corpo vazio. Os resultados para composição física da carcaça mostraram que a raça afeta todos os componentes e sexo apenas a gordura da carcaça. A gordura visceral foi o componente que teve maior importância nos modelos desenvolvidos para componentes não carcaça, afetando extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e água na cabeça, EE e água nos membros e órgãos mais vísceras (OV) e PB e água no couro e sangue. O rendimento de carcaça, peso de carcaça, porcentagem de couro no corpo vazio (PCVZ), porcentagem de OV no PCVZ e o PCVZ também tiveram efeitos sobre os mesmos. É possível concluir que animais consumindo 2% do peso corporal em concentrado apresentam um maior consumo e desempenho que aqueles recebendo 1%, porém não há diferenças na eficiência dos mesmos. Conclui-se, também, que animais NS são mais eficientes que animais NA e que animais cruzados são mais eficientes que Nelore. A k_m pode ser predita a partir da k_g e do GPCVZ, sofrendo um efeito de raça e a k_g pode ser predita a partir da ER_p , e que sexo ou grupo genético não afetam a k_g . Pode-se concluir, também, que animais Nelore atingem a maturidade com 437 kg de PCVZ e que a proteína bruta na MSD do PCVZ e proteína, água e cinzas nos ossos são bons preditores da maturidade, entretanto a composição do tecido mole não pode ser utilizado como forma de predizer a maturidade. A composição do corpo e da carcaça de animais Nelore puros e cruzados podem ser estimadas pela SEC₉₋₁₁ e outras variáveis de fácil medição e a estimação da composição de membros, cabeça, couro e sangue é possível e recomendada, uma vez que afetam minimamente a composição final do PCVZ. A utilização das equações de predição da composição de órgãos e vísceras é recomendada apenas quando não há possibilidade de análises químicas do mesmo, uma vez que esse componente possui grande variabilidade e é altamente afetado pela dieta oferecida.

ABSTRACT

MARCONDES, Marcos Inácio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June of 2010. **Nutrient requirements and prediction of body composition of purebred and crossbred Nellore cattle.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisers: Luis Orlindo Tedeschi and Pedro Veiga Rodrigues Paulino.

This work was conducted to evaluate intake, performance, feed efficiency, carcass characteristics of bovines from three genetic groups, fed high or low concentrate level; to determine energy and protein requirements of pure and crossbred Nellore cattle and to estimate its maturity; Validade Hankins and Howe equation to predict body composition and propose new equation to predict carcass and non-carcass composition of pure and crossbred Nellore cattle. The work was conducted in two phases. The first one was developed at Universidade Federal de Viçosa, where a trial was conducted using 69 animais (23 Nellore [NE], 23 Nelore-Angus [NA], and 23 Nellore-Simmental [NS], being 12 (4 for each genetic group) slaughtered before the beginning of the experiment as the baseline group, and nine were used to perform a digestibility trial. The remaining animals were divided into three dietary treatments (concentrate fed at 1 or 2% of body weight and at maintenance). At the conclusion of the experiment all these animals were slaughtered and body composition and empty body weight (EBW) were determined. The dry matter and nutrients intakes were higher in the high level of concentrate offer (LOC) both in kilograms and % of body weight, except neutral detergent fiber. Evaluating feed efficiency, the bionutritional index showed no differences in efficiency for LOC. Crossbreds appeared to be more efficient than NE. The net energy requirement for maintenance of Nellore, Nellore-Angus and Nellore-Simmental is $75.8 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$ and the metabolizable energy requirements for maintenance are $112.82 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$, and the energy retention efficiency as protein and fat are 26.71 and 75.43%, respectively. There weren't effects of genetic group in net protein requirements for gain and it's suggested the model $RP = EBW \times (238.5 - 16.73 \times (RE/EBG))$ to estimate them. There weren't found any genetic group effect on net and metabolizable protein requirement for

maintenance, and its obtained values were $1.72 \text{ g/EBW}^{0.75}$ and $3.09 \text{ g/BW}^{0.75}$, respectively. Also, there weren't genetic group effects on retained energy as protein, as well as in metabolizable protein efficiency for gain, being this efficiency of 37.5%. The overall equation to predict partial efficiency of metabolizable energy for gain (k_g) was: $0.327 \pm 0.142 / (0.539 \pm 0.317 + RE_P)$, where RE_P is retained energy as protein. Because our database consisted of Nellore and *B. indicus* and *B. taurus* crossbreds, it is necessary to further evaluate differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* regarding (k_g). The equation to predict partial efficiency of use of metabolizable energy for maintenance (k_m) was $0.513 \pm 0.024 + 0.173 \pm 0.061 \times k_g + a \times EBG$, where a = either $0.100 (\pm 0.021)$ or $0.073 (\pm 0.021)$ for *Bos indicus* or crossbreds, respectively. The exponential model suggest that Nellore cattle reach maturity with 445 kg and linear plateau suggest that maturity is reach with 428.5 kg, therefore a value of 437 kg was settle for maturity in Nellore cattle. A high relationship between soft tissue water (ST_W) and soft tissue ether extract (ST_{EE}) was observed ($ST_{EE} = 0.920 - 1.147 \times ST_W$), however the soft tissue was not a good predictor of maturity, because it is too dependent on the diet. The bone chemical composition analysis showed that ether extract, water and ash becomes constant between 400 and 500 kg of EBW, and that CP in bones is constant (19.1%). These data also suggest that bone composition could be a good predictor of maturity. The body composition can be obtained by using data from 9-11th rib cut (Rib₉₋₁₁) visceral fat, carcass dressing and empty body weight (EBW), and body composition can be obtained by using Rib₉₋₁₁, visceral fat, and percentage of organs plus viscera in EBW. The results of physical carcass composition indicated a breed effect on all components and a sex effect was observed for fat in the carcass. Visceral fat was the component with greatest influence on non-carcass components, affecting ether extract (EE), crude protein (CP), and water in head, EE and water in limbs and organs plus viscera (OV), and CP and water in hide and blood. Carcass dressing, carcass weight, hide percentage in EBW, OV percentage in EBW and EBW also affected non-carcass components. It is possible to conclude that animals consuming 2% of body weight in concentrate have higher intake and gain, but there are no differences in feed efficiency when compared with those consuming 1%. It also can be concluded that animals NS are more

efficient than NA and CB are also more efficient than NE. The k_m can be predicted from k_g and EBG and that breed can affect k_m . It also can be concluded that k_g can be predicted from RE_p and neither sex nor breed affect k_g . It can also be concluded that Nellore cattle reaches maturity with 437 kg of EBW and that CP in FFDM and CP, water and ash in bones are good predictor of maturity, however soft tissue composition cannot be used to predict maturity. Body and carcass composition of Nellore and crossbred cattle can be estimated by Rib₉₋₁₁ plus easy to be measured variables in Nellore cattle, and estimation of head, limbs, hide and blood is possible and well recommended, once they almost don't affect body composition. The use of OV equation is recommended only when their chemical analysis is not possible, once this component has a great variability and it is affected by the diet.

INTRODUÇÃO

A utilização de raças européias, com maior potencial de crescimento, pode ser uma alternativa para se diminuir o tempo de permanência dos animais na fazenda e aumentar o desfrute. Porém, a baixa adaptabilidade desses animais em grande parte do Brasil dificulta sua utilização. Sendo assim, a utilização de animais F_1 *Bos taurus/Bos indicus* cria a oportunidade de exploração de características desejadas de ambas as raças, além de um possível incremento no ganho, mesmo com menor adaptabilidade em relação às raças zebuínas puras. Peso elevado à desmama, aumento da carga animal na recria a pasto e um maior desempenho no confinamento são algumas das vantagens da utilização de animais cruzados.

Cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus* têm se mostrado vantajosos, porque otimizam o uso de efeitos não-aditivos (heterose) e efeitos aditivos (complementaridade de raças), principalmente quanto aos aspectos relacionados à carcaça e à reprodução (Baker et al., 1989).

Por outro lado, os animais F_1 não são tão rústicos e adaptados quanto animais zebuínos e, com o programa de melhoramento do gado Nelore no Brasil, as diferenças de desempenho podem não ser tão grandes. Além disso, os altos custos com alimentação, infra-estrutura e mão-de-obra necessárias para trabalhar com os cruzados podem tornar a utilização desses animais anti-econômica em certas ocasiões.

Teixeira (1984), Luchiari Filho et al. (1985) e Luchiari Filho et al. (1989) não evidenciaram diferenças no rendimento de carcaça entre grupos genéticos. Resultados contrários foram obtidos por Gonçalves (1988), que encontrou rendimento de carcaça superior em animais Nelore, quando comparados aos mestiços e aos holandeses.

Essa variação pode ser decorrente da influência do tempo em jejum dos animais antes do abate, da raça, do tipo da dieta (Geay, 1975; Price et al., 1984 e Meissner et al., 1995), do sexo (Seideman et al., 1982), do peso de abate e/ou da idade e do grau de engorda (Field & Schoonover, 1967; Preston & Willis, 1974). Da mesma forma, os pesos do couro e da cabeça também podem influenciar o

rendimento de carcaça (Gonçalves, 1988; Galvão et al., 1991; Peron et al., 1993; Jorge, 1997).

Maiores rendimentos de carcaça foram observados em animais Nelore, quando comparados com mestiços de aptidão leiteira (Lorenzoni et al., 1986; Peron et al., 1993; Jorge, 1993). Segundo Weston (1982), o maior rendimento nos zebuínos pode estar associado aos baixos pesos de trato gastrointestinal e vísceras.

Avaliações de diferentes grupos genéticos quanto ao desempenho, à composição corporal e às exigências nutricionais são fundamentais para a elaboração de padrões de alimentação e modelos que auxiliem produtores e extensionistas a conduzirem programas nutricionais no Brasil. Diversos trabalhos vêm sendo conduzidos em um amplo estudo da composição corporal de bovinos para estimar suas exigências nutricionais e eficiência de crescimento (Leme et al., 1994; Boin, 1995; Lanna et al., 1995 e 1998; Leme et al., 1999, Vêras, 2000; Silva, 2001; Paulino, 2002; Paulino, 2006).

Além da utilização de diferentes grupos genéticos, o uso de dietas com alto teor de concentrado, fornecidas *ad libitum*, é uma prática cada vez mais comum no Brasil. Essa prática está associada a rápido ganho de peso, alta eficiência de conversão alimentar e conseqüente diminuição no tempo de terminação para abate, menor custo de mão-de-obra, menor necessidade de armazenamento de alimentos e geralmente maior uniformidade no desempenho dos animais (Bulle et al., 2002). Woody et al. (1983), estudando o efeito de níveis de grãos nas dietas de bovinos em acabamento, encontraram que animais alimentados com dietas de alto concentrado com 90% de grãos ganharam peso 7% mais rápido e apresentaram requerimento alimentar 16% menor por unidade de ganho do que animais alimentados com 70% de grãos.

Entretanto, a melhoria do nível nutricional proporciona aumento no custo da alimentação, o que, às vezes, pode tornar a atividade de baixa rentabilidade, principalmente quando os animais não possuem potencial para altos ganhos de peso. Assim, o consumo, a conversão alimentar e o ganho de peso são importantes parâmetros na avaliação dos animais.

Ferreira et al. (1999), Ladeira et al. (1999) e Dias et al. (2000), sendo que os dois últimos trabalhando com animais fistulados relataram aumento linear de consumo, fornecendo rações com diferentes níveis de concentrado (25; 37,5; 50; 62,5; e 75%). Por outro lado, Carvalho et al. (1997) trabalhando com zebuínos castrados e Signoretti et al. (1999) trabalhando com bezerros holandeses não verificaram diferenças no consumo de MS, ao fornecerem dietas com níveis crescentes de concentrado em substituição ao feno, e Bürger et al. (2000), também trabalhando com bezerros $\frac{3}{4}$ holandês, verificaram diminuição linear do consumo de nutrientes com o aumento dos níveis de concentrado nas dietas (30, 45, 60, 75 e 90%). Isso mostra que maiores níveis de concentrado na dieta podem não levar ao resultado esperado.

Segundo Ferreira et al. (1999) e Oliveira (1998), o ganho de peso médio diário apresenta resposta linear crescente em relação ao nível de inclusão de concentrado na dieta. Entretanto, segundo vários outros autores (Viera et al., 1994; Tibo et al., 2000; Gesualdi Jr. et al., 2000), a resposta animal à adição de concentrado tende a ser quadrática e não-linear. Restle & Vaz (1999) afirmaram que o concentrado representa cerca de 70 a 80% do custo da alimentação dos animais, de modo que os alimentos volumosos são importantes para redução dos custos com alimentação, caso não haja redução significativa no desempenho, principalmente quando se intensifica o sistema de produção (Brondani et al., 2000; Restle & Vaz, 2003)

Assim, o nível ótimo de concentrado, considerando o desempenho animal e a eficiência econômica do sistema, é variável e tem como fatores determinantes sexo, raça do animal, qualidade dos alimentos, entre outros.

No Brasil, o balanceamento de dietas destinadas a bovinos de corte tem sido realizado a partir dos requerimentos nutricionais sugeridos por conselhos internacionais (AFRC, 1993; NRC, 2000; entre outros) devido à relativa escassez de dados nacionais. Nestes conselhos, as exigências nutricionais são baseadas em informações obtidas com bovinos *Bos taurus*, embora sejam admitidas diferenças nas exigências de animais *Bos indicus*. De acordo com o NRC (2000), zebuínos tem menor exigência de energia para manutenção que taurinos.

Valadares Filho et al. (2006) publicaram as primeiras Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos, que podem se tornar essenciais para otimizar o desempenho animal e a economicidade das rações aqui formuladas. Porém, essas foram formuladas com um banco de dados relativamente pequeno, e que necessita de constantes atualizações para que os objetivos do produtor sejam cada vez mais alcançados com a devida acurácia.

O departamento de Zootecnia da UFV continua trabalhando na compilação de dados de exigências nutricionais de zebuínos obtidos no Brasil para atualizar as tabelas de exigências nutricionais de zebuínos e seus mestiços com taurinos, utilizando somente dados brasileiros. No Brasil, de forma geral, os dados foram obtidos isoladamente e poucos são os trabalhos que tentaram agrupá-los para dar maior consistência aos resultados. Observa-se que a maioria das pesquisas com animais zebuínos foram efetuadas com machos inteiros, alguns trabalhos foram realizados com machos castrados, e praticamente nenhum resultado com fêmeas de corte em crescimento, sendo que, mais escassos ainda são as informações na literatura nacional consultada sobre exigências de animais meio-sangue zebu-europeu de diferentes classes sexuais (inteiros, castrados e fêmeas).

Segundo Sauvant et al. (2005), os métodos clássicos de revisão bibliográfica muitas vezes geram dados viciados por não utilizarem as formas mais apropriadas de análises estatísticas. Esses métodos ignoram a importância das diferenças de condições experimentais e, portanto sem o devido tratamento das informações, não é possível integrar os resultados e um conhecimento coerente e utilizável a partir de diversos dados experimentais reunidos em uma base.

Nesse contexto, Chizzotti et al. (2008) realizaram uma meta-análise reunindo dados de 16 experimentos de abate comparativo conduzidos no Brasil e desenvolveram novos modelos de exigências nutricionais de energia e proteína para zebuínos e seus cruzados com taurinos. Porém, esses modelos carecem de uma avaliação criteriosa para que possam ser gerados modelos válidos para uma nova versão das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais de Zebuínos. Segundo Tedeschi (2006), só pode-se concluir se um modelo é adequado ou não a partir da combinação de diversas análises estatísticas e de uma investigação

apropriada sobre os propósitos para os quais aquele modelo matemático foi inicialmente conceituado e desenvolvido.

Assim objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo, desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos de três diferentes grupos genéticos e recebendo alto ou baixo nível de concentrado; determinar as exigências nutricionais de proteína e energia de zebuínos puros e cruzados; estabelecer um padrão de crescimento de bovinos Nelore e estimar sua maturidade; validar a predição da composição corporal a partir da composição química da seção entre a 9 e 11^a costelas para zebuínos puros e cruzados e propor novos modelos para estimar a composição de partes carcaça e não-carcaça.

LITERATURA CITADA

- AFRC. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford, UK: Agricultural and Food Research Council. CAB International, 1993.
- BAKER, J.F.; LONG, C.R.; POSADA, G.A. et al. Comparison of a five-breed dialled: size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **Journal of Animal Science**, v.67, n.5, p.1218-1229, 1989.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências de energia e de proteína de zebuínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa- MG. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.457-465.
- BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.C.; BERNARDES, R.A.L.C. Silagem de alta qualidade para bovinos. In: RESTLE, J. (Ed.) **Eficiência na produção de bovinos de corte**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. p.185-204.
- BULLE, M.L.M; RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; TITTO, E.A.L.; LANNA, D.P.D. Desempenho de Tourinhos Cruzados em Dietas de Alto Teor de Concentrado com Bagaço de Cana-de-Açúcar como Único Volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.444-450, 2002
- BÜRQUER, P.J.; PEREIRA, J.C.; SILVA., J.F.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial em bezerros Holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.206-214, 2000.

- CARVALHO, A.U.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos. 1. Consumo e digestibilidade aparente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.5, p.986-995, 1997.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALADARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore cattle. **Journal Of Animal Science**, manuscript: E-2007-0309.R2, (prelo). 2008
- DIAS, H.L.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo e digestões totais e parciais em novilhos F1 Limousin x Nelore alimentados com dietas contendo cinco níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.2, p.545-554, 2000.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo, conversão alimentar, ganho de peso e características da carcaça de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.343-351, 1999.
- FIELD, R.A.; SCHOONOVER, C.D. Equations for compeering Longissimus dorsi areas in bulls of different weights. **Journal of Animal Science**, v.26, n.4, p.709-712, 1967.
- GALVÃO, J.G.; FONTES, C.A.A.; PIRES, C.C et al. Características e composição física da carcaça de bovinos não castrados, abatidos em três estágios de maturidade (estudo II) de três grupos raciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.5, p.502-512, 1991.
- GEAY, Y. Live weight measurement. In: EEC SEMINAR ON CRITERIA AND METHODS FOR ASSESSMENT OF CARCASS END MEAT CHARACTERISTICS IN BEEF PRODUCTION EXPERIMENTS, 1975, Zeist. **Proceedings...** Zeist: 1975. p.35-42.
- GESUALDI JR., A., PAULINO, M.F., VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 Limousin x Nelore: consumo, conversão alimentar e ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1458-1466, 2000.
- GONÇALVES, L.C. **Digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e características das carcaças de zebuínos, taurinos e bubalinos** . Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1988. 238p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. [T.B.]: United States Department of Agriculture, 1946. p.1-19 (**Technical Bulletin** - USDA, 926).
- JORGE, A.M. **Desempenho produtivo, características de carcaça e composição corporal e da carcaça de zebuínos não castrados, de quatro raças, abatidos em diferentes estágios de maturidade** . Viçosa, MG:

Universidade Federal de Viçosa, 1997. 90p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1997.

JORGE, A.M. **Ganho de peso, conversão alimentar e características da carcaça de bovinos e bubalinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.

LADEIRA, M.M.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de dietas contendo diferentes níveis de concentrado, em novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.395-403, 1999.

LANNA, D.P.D.; BOIN, C.; ALLEONI, G.F. et al. Estimation of carcass and empty body composition of zebu bulls using the composition of rib cuts. **Scientia Agricola**, v.52, n.1, p.189-197, 1995.

LANNA, D.P.D.; FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O. Exigências nutricionais de gado de corte: o sistema NRC. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1998. p.138-67.

LEME, P.R.; BOIN, C.; ALLEONI, G.F. et al. Estimativa da composição química corporal de novilhos Nelore através do espaço de deutério. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.351-362, 1994.

LEME, P.R.; HENRIQUE, W.; LANNA, D.P.D. et al. Subproduto concentrado da produção de lisina na alimentação de tourinhos em confinamento. 2. Composição química corporal e do ganho de peso e taxas de deposição dos tecidos. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.340.

LORENZONI, W.R.; CAMPOS, J.; GARCIA, J.A. et al. Ganho de peso, eficiência alimentar e qualidade de carcaça de novilhos búfalos, nelores, holandeses e mestiços holandês-zebu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.15, n.6, p.486-497, 1986.

LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134p. LUCHIARI FILHO, A.; BOIN, C., ALLEONI, G.F. et al. Efeito do tipo de animal no rendimento da porção comestível da carcaça. I. Machos da raça nelore vs cruzados zebu x europeu terminados em confinamento. **Boletim da Indústria Animal**, v.42, n.1, p.31-39, 1985.

LUCHIARI FILHO, A.; LEME, P.R.; RAZOOK, A.G. et al. Características de carcaça e rendimento da porção comestível de machos Nelore comparados a cruzados (F1) obtidos do acasalamento de touros das raças Canchim, Santa Gertrudis, Caracu, Holandês e Suiço com fêmeas Nelore. I. Animais inteiros

- terminados em confinamento. **Boletim da Indústria Animal**, v.46, n.1, p.17-25, 1989.
- MEISSNER, H.H.; SMUTS, M.; COERTZE, R.J. Characteristics and efficiency of fast growing feedlot steers fed different dietary energy concentration. **Journal of Animal Science**, v.73, n.4, p.931-36, 1995.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. updated 7th. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000. (Nutrient requirements of domestic animals).
- OLIVEIRA, S.R. **Desempenho e características da carcaça de novilhos Nelores não-castrados**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- PAULINO, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 159p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- PAULINO, P.V.R. **Exigências nutricionais e validação da seção HH para predição da composição corporal de zebuínos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 158p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- PERON, A.J.; FONTES, C.A.A.; LANA, R.P. et al. Rendimento da carcaça e de seus cortes básicos e área corporal de bovinos de cinco grupos genéticos, submetidos à alimentação restrita e *ad libitum*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p.238-247, 1993.
- PRESTON, T.R.; WILLIS, M.B. **Intensive beef production**. 2.ed. Oxford: Pergamon Press, 1974. 546p.
- PRICE, M.A.; BUTSON, S.; MAKARECHIAN, M. The influence of feed energy level on growth and carcass trait in bull of two breed types. **Canadian Journal of Animal Science**, v.64, n.2, p.323-32, 1984.
- RESTLE, J.; VAZ, F.N. Confinamento de bovinos definidos e cruzados. In: LOBATO, J.F.P.; BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. (Eds.) **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p.141-198.
- RESTLE, J.; VAZ, F.N. Eficiência e qualidade na produção de carne bovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 34p.
- SAUVANT, D.; SCHMIDELY, P.; DAUDIN, J.J. Les méta-analyses des données expérimentales : applications en nutrition animale. **INRA Prod. Anim.**, v.18, n.1, p.63-73. 2005

- SEIDEMAN, S.C., CROSS, H.R., OLTJEN, R.R. et al. Utilization of the intact male for red meat production - a review. **Journal of Animal Science**, v.55, n.4, p.826-830, 1982.
- SILVA, F.F. **Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 211p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562 – 3577, 1992.
- TEDESCHI, L.O.; Assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**. v.89, p.225–247, 2006.
- 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: Universidade Federal de Viçosa, 1984. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1984.
- TIBO, G.C.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Níveis de concentrado em dieta de novilhos mestiços F1 Simental x Nelore: consumo e digestibilidades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.910-920, 2000.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE.** 1 ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.
- VEIRA, D.M.; BUTLER, G.; PROULX, J.G. et al. Utilization of grass silage by cattle: effect of supplementation with different sources and amounts of protein. **Journal Animal Science**, v.72, n.6, p.1403-1408, 1994.
- VÉRAS, A.S.C. **Consumo, digestibilidade, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 166p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- WOODY, H.D.; FOX, D.G.; BLACK, J.R. 1983. Effect of diet grain content on performance of growing and finishing cattle. **Journal of Animal Science**, v.57, p.717-726, 1983.

Eficiência alimentar de bovinos puros e cruzados recebendo alto ou baixo nível de concentrado

Resumo: Objetivou-se comparar o consumo, desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos de três grupos genéticos (GG), alimentados com dois níveis de oferta de concentrado (NOC). Foram utilizados 48 bovinos castrados, sendo 16 Nelore (NE), 16 Nelore-Angus (NA) e 16 Nelore-Simental (NS). Doze animais (quatro de cada GG) foram abatidos como referência. Os animais remanescentes foram distribuídos em dois NOC (1 e 2% do peso corporal), perfazendo um fatorial 3 x 2 em Delineamento Inteiramente Casualizado, com seis repetições, sendo utilizado o valor de significância de 5%. As dietas foram isoprotéicas, sendo compostas de silagem de milho e concentrado. O experimento teve três períodos de 28 dias e todos animais foram abatidos ao final. O consumo de matéria seca (CMS) e demais nutrientes foi maior para o alto NOC, excetuando-se a fibra em detergente neutro. O CMS dos animais cruzados (CZ) foi maior que do NE e dos NA maior que do NS. Não foram observadas diferenças para o ganho de peso diário comparando os NOC, entretanto houve maior ganho de carcaça (GCARC) e corpo vazio (GPCVZ) para o maior NOC. O desempenho dos animais CZ foi superior ao dos animais NE, não havendo diferenças entre CZ. Para a avaliação e eficiência alimentar, o índice bionutricional não evidenciou diferença entre os NOC, porém a eficiência alimentar apresentou diferenças para o GCARC e GPCVZ. Os animais CZ foram mais eficientes em todas as formas de expressão do ganho. É possível concluir que animais consumindo 2% do peso corporal em concentrado apresentam um maior consumo e desempenho que aqueles recebendo 1%, porém não há diferenças na eficiência dos mesmos. Conclui-se, também, que animais NS são mais eficientes que animais NA e que animais CZ são mais eficientes que NE.

Feed efficiency of pure or crossbred cattle fed high or low concentrate level

Abstract: The present work aimed to compare intake, performance, feed efficiency and carcass traits in beef cattle of three genetic groups (GG) and two levels of concentrate in the diet (LCO). Forty-eight 48 steers (16 Nellore, 16 Nellore-Red Angus and 16 Nellore-Simmental) were used and 12 of them were slaughtered at the beginning of experiment as a reference group. The remaining animals were fed two concentrate levels (1 and 2% of body weight) in a 3 x 2 factorial arrangement in a completely randomized design, with six repetitions, and the value of significance defined was 0.05. The diets were isoproteics and were composed by corn silage plus concentrate. The trial had three periods of 28 days each and all animals were slaughtered in the end. The dry matter and nutrients intakes were higher in the high LCO both in kilograms and % of body weight, except neutral detergent fiber. Crossbreds (CB) dry matter intakes were higher than those of pure zebu, and Nellore-Angus (NA) had higher intake than Nellore-Simmental (NS). The performance was not affected by LOC, however the high concentrate level had higher carcass and body weight gain. The CB gained more than NE, although no differences were verified between NA and NS. Evaluating feed efficiency, the bionutritional index showed no differences in efficiency for LOC, but differences in feed efficiency were found to carcass and empty weight gain. CB appeared to be more efficient than NE. It is possible to conclude that animals consuming 2% of body weight in concentrate have higher intake and gain, but there are no differences in feed efficiency when compared with those consuming 1%. It also can be concluded that animals NS are more efficient than NA and CB are also more efficient than NE.

INTRODUÇÃO

A utilização de bovinos de raças européias, com maior potencial de crescimento, pode ser uma alternativa para diminuir o tempo de permanência dos animais na fazenda e aumentar o desfrute. Entretanto, a baixa adaptabilidade desses animais em grande parte do Brasil, como Norte, Nordeste e Centro-Oeste dificulta sua utilização. Esses animais têm mais dificuldade de manter a temperatura corporal em clima quente (De León et al., 2009), além de serem mais susceptíveis a endo e exoparasitas. Sendo assim, o uso de animais F_1 *Bos taurus/Bos indicus* cria uma oportunidade de exploração de características desejadas de ambas as raças, além de um possível incremento no ganho, mesmo com menor adaptabilidade em relação às raças zebuínas.

Cruzamentos entre *Bos taurus* e *Bos indicus* têm se mostrado vantajosos, porque otimizam o uso de efeitos não-aditivos (heterose) e efeitos aditivos (complementaridade de raças), principalmente quanto aos aspectos relacionados à carcaça e à reprodução (Baker et al., 1989).

Por outro lado, os animais F_1 não são tão rústicos e adaptados quanto animais zebuínos e, com o programa de melhoramento do gado Nelore e outras raças zebuínas no Brasil, as diferenças de desempenho podem não ser tão grandes.

Além da utilização de diferentes grupos genéticos, o uso de dietas com alto teor de concentrados, é uma prática que pode ser viável no Brasil, principalmente em regiões de fácil acesso à subprodutos da agroindústria.

Essa prática está associada ao rápido ganho de peso, alta eficiência alimentar e conseqüente diminuição no tempo de terminação, menor custo de mão-de-obra, menor necessidade de armazenamento de alimentos e geralmente maior uniformidade no desempenho dos animais (Bulle et al., 2002). Entretanto, a melhoria do nível nutricional proporciona aumento no custo da alimentação, o que pode tornar a atividade de baixa rentabilidade.

Assim, objetivou-se com esse trabalho comparar o consumo, o desempenho, a eficiência alimentar e as características de carcaça de bovinos de três grupos genéticos alimentados com dois níveis de oferta de concentrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e o experimento conduzido durante o período de maio a setembro de 2007. Foram utilizados 48 novilhos de 18 meses, sendo 16 Nelore com média de $265,6 \pm 6,4$ kg, 16 F₁ Nelore-Angus (média de $324,6 \pm 6,0$ kg) e 16 F₁ Nelore-Simental (média de $325,3 \pm 4,7$ kg). Do total de animais, 12 animais (4 de cada grupo genético) foram aleatoriamente selecionados para compor o grupo referência, sendo abatidos após o período de adaptação. Os animais remanescentes foram divididos em dois níveis de oferta de concentrado (1% e 2% do peso corporal) de forma inteiramente casualizada em esquema fatorial 2x3 (dois níveis de concentrado e três grupos genéticos) com seis repetições.

Após um período de adaptação de 30 dias, onde todos os animais receberam uma dieta composta por 55% de volumoso (silagem de milho) e 45%

de concentrado (12,5% PB), o grupo referência foi abatido e determinado o peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais.

Após o abate do grupo referência, aqueles animais que foram designados a receber 2% do peso corporal (PC) em concentrado passaram uma semana recebendo 1,5% do PC em concentrado e mais uma semana recebendo 2% do PC em concentrado para adaptação à dieta. Os animais que foram designados a receber 1% do PC em concentrado iniciaram com sua dieta imediatamente após o abate do grupo referência. Ao término dessa segunda semana, todos animais foram pesados para início do primeiro período experimental. Esse período de adaptação à dieta foi chamado de segunda adaptação.

Todas as pesagem foram precedidas de um período de jejum de sólidos de 16 horas, sendo feitas sempre entre 6 e 7 h da manhã.

Os animais foram mantidos em baias individuais, com piso, comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m², dos quais 8 m² de área coberta com telhas de amianto. As rações foram formuladas para que a dietas fossem isoprotéicas (12,5%), sendo os consumos estimados segundo Valadares Filho et al. (2006) e as exigências de macro e microminerais ajustadas de acordo com o NRC (1996).

Os concentrados foram formulados para que a mesma ração fosse ofertada para ambos níveis de concentrado, mudando apenas a relação milho/uréia+sulfato de amônia para que as dietas se mantivessem isoprotéicas.

O volumoso foi constituído de silagem de milho e os concentrados formulados à base de milho moído fino, farelo de soja, caroço de algodão, casca

de soja, uréia/sulfato de amônio, bicarbonato de sódio, óxido de magnésio, sal comum e mistura mineral.

Todas as dietas foram formuladas para conter um mínimo de 20% de fibra em detergente neutro (Tabelas 1 e 2). Ao longo do experimento, a relação média volumoso:concentrado foi de 59:41 e 25:75 para as ofertas de 1 e 2% do PC, respectivamente.

Tabela 1 - Composição dos ingredientes utilizados nas dietas

Item	Caroço de Algodão	Casca de Soja	Farelo de Soja	Milho	Silagem de Milho	Mistura Mineral
Matéria seca (%)	91,18	88,68	88,61	88,38	28,95	-
Matéria Orgânica (%MS)	96,91	96,19	94,04	98,97	93,32	-
Proteína bruta (%MS)	23,92	11,85	49,46	8,91	7,13	-
Proteína insolúvel em detergente Neutro (% PB)	12,79	40,10	11,68	29,72	19,55	-
Extrato etéreo (%MS)	15,75	1,05	1,48	3,36	2,44	-
Fibra em detergente neutro (%MS)	49,63	67,43	17,58	21,95	52,48	-
Fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína (%MS)	45,68	61,68	11,17	18,78	49,13	-
Carboidratos Não Fibrosos (%MS)	11,56	21,62	31,93	67,92	34,62	-
Fibra em detergente neutro indigestível (%MS)	20,47	6,32	2,60	3,07	19,60	-
Fibra em detergente ácido indigestível (%MS)	16,27	3,22	1,04	1,14	10,61	-
Fósforo (%MS)	0,94	0,20	1,02	0,50	0,36	15,57
Cálcio (%MS)	0,31	0,81	0,56	0,25	0,36	31,54
Magnésio (%MS)	0,29	0,27	0,35	0,11	0,11	0,66
Sódio (%MS)	0,16	0,17	0,11	0,11	0,14	0,23
Potássio (%MS)	1,17	1,31	2,13	0,47	1,28	0,40

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes nos concentrados e nas dietas e composição dos concentrados e dietas obtidas, na base da matéria seca

Ingrediente	Oferta de concentrado em % do PC			
	1%		2%	
	Concentrado	Dieta	Concentrado	Dieta
Proporção (% MS)				
Silagem de Milho	-	58,70	-	24,84
Caroço de Algodão	12,28	5,070	12,07	9,07
Casca de Soja	26,93	11,12	26,66	20,04
Uréia	3,17	1,31	1,06	0,80
Sulfato de Amônio	0,35	0,14	0,21	0,16
Milho	52,43	21,65	55,06	41,39
Farelo de Soja	2,02	0,84	2,09	1,57
Mistura Mineral ¹	0,69	0,29	0,70	0,52
Sal	0,69	0,29	0,70	0,52
Cloreto de Potássio	0,35	0,14	0,35	0,26
Óxido de Magnésio	0,32	0,13	0,32	0,24
Bicarbonato de Sódio	0,63	0,26	0,64	0,48
Calcário	0,14	0,06	0,14	0,11
Nutrientes	Composição Nutricional (% MS)			
Matéria seca	-	53,97	-	74,29
Matéria Orgânica	95,72	94,31	95,70	95,11
Proteína Bruta	20,69	12,73	14,96	13,02
Extrato Etéreo	4,01	3,09	4,06	3,66
Fibra em Detergente Neutro isenta de cinzas e proteína	41,18	45,84	35,51	38,89
Carboidratos Não Fibrosos	52,39	41,96	48,21	44,83
Nutrientes Digestível Totais	-	70,50	-	70,27
Energia Digestível ²	-	3,11	-	3,10
Energia Metabolizável ²	-	2,54	-	2,54
Fósforo	0,56	0,44	0,57	0,52
Cálcio	0,67	0,49	0,67	0,59
Magnésio	0,35	0,21	0,36	0,30
Sódio	0,55	0,31	0,55	0,45
Potássio	0,95	1,14	0,96	1,04

¹ Composição: Ca - 24,0%; P - 17,4%; Co - 100,0 ppm; Cu - 1.250,0 ppm; Fe - 1.795,0 ppm; Mn - 2.000,0 ppm; Se - 15,0 ppm; Zn - 5.270,0 ppm; I - 90,0 ppm. ² Mcal/kg

O experimento teve duração total de 131 dias, sendo 30 dias de adaptação às condições experimentais, 14 dias de adaptação à dieta (2ª adaptação), três

períodos de 28 dias, mais 3 dias para o abate dos animais. Após a 2ª adaptação foi feita a avaliação no desempenho dos animais por um período de 74 dias, sendo duas pesagens intermediárias (ao final de 28 e 56 dias) realizadas para monitoramento do desempenho dos animais. Ao término do período de avaliação do desempenho, iniciou-se o abate dos animais, sendo abatidos seis animais por dia (um de cada raça e nível de concentrado) com um intervalo de um dia para dissecação das carcaças entre cada abate.

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia, às 7 e 16h, e ajustados de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido, com água permanentemente à disposição dos animais. Como a quantidade fornecida de concentrado era fixa, apenas a quantidade de volumoso era ajustada diariamente, sendo que, para evitar problemas de acidose aguda, foi fixado um mínimo de 5 kg de matéria natural de silagem por dia.

Como o caroço de algodão e a casca de soja possuem uma densidade diferente dos outros ingredientes do concentrado, todos os dias estes foram pesados e adicionados a uma mistura contendo os outros ingredientes.

No início de cada semana a oferta de concentrado era ajustada. Como a oferta de concentrado era feita com base no peso dos animais, estes foram estimados com base no ganho de peso do período anterior. No primeiro período a oferta de concentrado foi corrigida semanalmente com base no ganho dos animais na 2ª adaptação, e no segundo e terceiro períodos esse ajuste foi feito, com base no ganho do primeiro e segundo períodos, respectivamente.

A dieta oferecida foi registrada diariamente, assim como foram coletadas amostras da silagem de milho, caroço de algodão, casca de soja e das sobras de

cada animal. O milho, o farelo de soja e a mistura mineral foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração da Universidade nos dias das misturas dos mesmos. As amostras de sobras e alimentos fornecidos foram agrupadas em amostras compostas semanais, proporcionais à matéria pré-seca, e foi determinada a matéria seca de todas essas amostras para obtenção do consumo de matéria seca. A partir das amostras compostas semanais foi elaborada uma amostra composta por período, também proporcional à matéria pré-seca dos materiais. Nas amostras compostas de cada período foi determinada toda sua composição química.

As amostras coletadas foram pré-secas em estufa ventilada a 60°C por 72h e moídas por 10 minutos em moinho com peneira de crivo de 1 mm, sendo o remanescente do moinho adicionado à amostra moída.

Antes dos abates, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas. O abate foi realizado via insensibilização mecânica e secção da jugular para sangramento total, seguido de lavagem do aparelho gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso). Os pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas, juntamente com os do trato gastrointestinal lavado, foram somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ). A relação média obtida entre o PCVZ e o peso corporal do grupo referência foi utilizada para a estimativa do PCVZ inicial dos animais que permaneceram em alimentação. Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meias-carcaças, as quais foram pesadas para determinação do rendimento de carcaça quente e, em seguida,

resfriadas em câmara a 4°C, durante 18 horas. Decorrido este tempo, as meias-carcaças foram retiradas da câmara fria e pesadas para determinação do rendimento de carcaça fria.

Paralelamente a este experimento, foi realizado um ensaio de digestibilidade com nove novilhos (3 de cada grupo genético), pertencentes ao mesmo grupo de animais do desempenho, com o objetivo de estimar o NDT das dietas. Esses animais foram distribuídos em três quadrados latinos 3x3 com três dietas: 1% do PC em concentrado, 2% do PC concentrado e manutenção, sendo que os animais em manutenção receberam a mesma dieta daqueles recebendo 1% do PC em concentrado, porém com uma oferta total diária de matéria seca de 1% do PC. Cada quadrado latino foi composto de um animal de cada grupo genético. Foram realizados três períodos experimentais de 28 dias, simultâneos aos períodos do experimento de desempenho, sendo que ao final da terceira semana de cada período foram realizados três dias de coletas totais de fezes para determinação das digestibilidades das dietas. Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas e homogeneizadas e uma amostra foi retirada, pesada, e pré-seca em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas, moídas em moinho de facas com peneira contendo crivos de 1 mm, sendo então elaborada uma amostra composta por animal em cada período, proporcional ao peso pré-seco de cada dia de coleta.

As determinações de matéria seca, matéria orgânica, nitrogênio total, extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), cinzas, cálcio, fósforo, magnésio, potássio e sódio foram realizadas conforme técnicas descritas por

Silva & Queiroz (2002), sendo que a proteína bruta (PB) foi obtida pelo produto entre o teor de nitrogênio total e o fator 6,25.

Utilizou-se o sistema ANKOM para as avaliações de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro indigestível e fibra em detergente ácido indigestível, com modificação do saco utilizado (5,0 × 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido TNT (100 g/m²). Nas análises de FDN, empregou-se alfa-amilase termoestável incluindo as correções sugeridas por Mertens (2002) para cálculo da FDN isenta de cinzas e proteína (FDN_{cp}). Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) foram determinados com o conteúdo de nitrogênio presente no resíduo da análise de FDN multiplicado pelo fator 6,25.

Os carboidratos não fibrosos (CNF) de cada alimento foram obtidos segundo a expressão $\%CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ da Uréia} + \% \text{ Uréia}) + \%FDN_{cp} + \text{Cinzas} + \%EE]$. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos conforme recomendações de Sniffen et al. (1992). Os teores de NDT foram estimados pela relação entre os consumos de NDT e de MS. A energia digestível (ED) foi obtida a partir dos nutrientes digestíveis multiplicados pelos seus respectivos valores energéticos, conforme descrito pelo NRC (2001), enquanto a concentração de energia metabolizável (EM) foi considerada 82% da ED (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Os dados do experimento de desempenho foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3. Também foram contrastados os valores obtidos para animais F₁ e Nelore, visando comparar

animais cruzados e puros. O ensaio de digestibilidade foi analisado segundo quadrado latino agrupado de acordo com o modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + T_j + R_{(i)k} + P_{(i)l} + QT_{ij} + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = resposta experimental; μ = constante geral; Q_i = efeito relativo ao quadrado latino i ; T_j = efeito relativo ao tratamento j ; $R_{(i)k}$ = efeito relativo à raça k , aninhado ao quadrado latino i ; $P_{(i)l}$ = efeito relativo ao período l , aninhado ao quadrado latino i ; e_{ijkl} = erro aleatório, associado à cada observação, pressuposto NID $(0; \sigma^2)$

Para avaliação do peso corporal final e PCVZ final foi utilizado o peso corporal inicial e PCVZ inicial como covariável para obtenção das médias corrigidas finais.

Além do ensaio de desempenho de 74 dias (GMD), que representou o desempenho dos animais nos períodos 1, 2 e 3, foi avaliado o ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ) e ganho de carcaça (CARC), que correspondeu aos ganhos no período referente aos dias entre os abates referência e final, que inclui o período de desempenho citado somado à 2ª adaptação, portanto, incluindo possíveis efeitos deletérios do período de adaptação.

Para avaliação da eficiência alimentar das raças e níveis de concentrado foi utilizado, além da eficiência alimentar propriamente dita calculada como ganho médio diário em função do consumo de matéria seca, o índice bionutricional (IBN; Detmann et al., 2005).

Para a estimativa do IBN utilizou-se a primeira variável canônica utilizando o consumo de matéria seca em porcentagem do peso corporal, juntamente com ganho médio diário e ganhos de carcaça e corpo vazio.

Segundo Detmann et al. (2005), como o ganho médio diário (GMD) e o consumo de matéria seca (CMS) são variáveis de distribuição normal, e a divisão entre elas não gera uma variável de distribuição normal, e sim de distribuição de Cauchy, não sendo a análise de variância e o teste de Tukey aplicáveis, nesse caso, à variável eficiência alimentar. Sendo assim, o mais adequado seria gerar uma variável de distribuição normal a partir da combinação linear de duas variáveis de distribuição normal, no caso GMD e CMS.

Porém, como os animais tinham pesos médios diferentes, foi utilizado o consumo em função do peso corporal, e não o consumo de matéria seca em quilos, para determinação do índice bionutricional. Também foi determinada a eficiência alimentar em função do consumo de matéria como proporção do peso corporal para fins de comparação.

Quando verificada diferença estatística entre tratamentos foi utilizado o teste de Tukey para comparações de médias. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o uso do programa SAS utilizando-se 5% como nível crítico de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) entre nível de oferta de concentrado e raça para nenhuma das variáveis avaliadas, portanto os fatores foram avaliados e discutidos separadamente.

O consumo de matéria seca dos animais recebendo alto nível de concentrado foi maior em relação aos de baixo concentrado ($P < 0,05$; Tabela 3). O

mesmo comportamento foi observado, quando avaliado o consumo em função do peso corporal.

Geralmente há um aumento no consumo de matéria seca com o aumento do nível de concentrado na dieta e alguns trabalhos mostraram respostas positivas lineares (Ferreira et al., 1999), e outros respostas quadráticas (Gesualdi et al., 2000; Silva et al., 2002) em relação ao nível de concentrado da dieta. Como neste trabalho só foram utilizados dois níveis de concentrado, não houve a possibilidade de se verificar uma resposta quadrática ao nível de concentrado.

Considerando os pesos iniciais e os pesos finais e desempenho para todo o experimento, estimou-se os consumos de matéria seca médios esperados com base na equação conjunta do BR-CORTE (Valadares Filho et al., 2006) para animais Nelore e mestiços. Os valores estimados foram de 8,17; 9,31 e 9,32 kg/dia para NE, NA e NS, respectivamente, sendo seus valores em porcentagem do peso corporal iguais a 2,32; 2,31 e 2,33%, respectivamente.

Observou-se que os animais NS consumiram abaixo do esperado e os NA acima, quando se considera %PC, evidenciando que as equações do BR-CORTE ainda carecem de ajustes, entretanto pode-se afirmar que as equações estimaram relativamente bem os consumos (Tabela 3). Esses resultados confirmam a hipótese dos próprios autores das equações (Valadares Filho et al. 2006), que afirmaram que, mesmo não tendo encontrado em seu trabalho diferenças entre cruzados e mestiços, biologicamente esperava-se uma diferença entre eles.

No presente trabalho, animais cruzados tiveram um maior CMS em quilos, entretanto o mesmo não foi evidenciado quando expresso em porcentagem do

peso corporal. Percebeu-se que os animais NA foram os que apresentaram um CMS observado (10,32 kg/dia) mais distante do valor estimado (9,31 kg/dia).

Devido a essas diferenças, sugere-se, também, que podem existir diferenças não apenas entre animais puros e cruzados, mas entre diferentes tipos de cruzados, conforme proposto por Fox et al. (1988). Ajustes para raça em equações poderiam melhorar de forma significativa os modelos de estimativas de consumo de matéria seca de animais no Brasil, entretanto muitos estudos ainda são necessários para que se tenham dados suficientes para o desenvolvimento de tais equações.

O consumo de todos os nutrientes foi influenciado pelo consumo de matéria seca, sendo maior para os animais alimentados com maior nível de concentrado, com exceção da FDNcp. Os animais de alto concentrado, consumiam, quase sempre, toda silagem de milho, caroço de algodão e casca de soja, deixando sobras caracterizadas por milho, farelo de soja e minerais. É provável que disfunções ruminais causadas pelo excesso de concentrado, acidose sub-clínica por exemplo, estivessem limitando o aumento do consumo de concentrado pelos animais, apesar da presença de tamponantes na ração.

Um fator que confirma essa possibilidade foi a presença de pequenas úlceras no rúmen de alguns animais recebendo 2% do PC de oferta de concentrado, provavelmente causada pelo excesso de produção ácidos no rúmen.

Tabela 3: Consumo de nutrientes para três grupos genéticos e dois níveis de oferta de concentrado

Itens	Grupo genético			Oferta de concentrado		Nível de significância					CV%
	NA	NS	NE	1%	2%	GG	NOC	GG*NOC	CZxNE	NAxNS	
	Consumo (kg/dia)										
Matéria seca	10,32	9,38	8,32	8,96	9,72	<0,0001	0,0176	0,6600	<0,0001	0,0180	9,83
Extrato etéreo	0,36	0,33	0,29	0,28	0,37	<0,0001	<0,0001	0,8880	<0,0001	0,0712	8,85
Proteína bruta	1,36	1,28	1,10	1,19	1,30	<0,0001	0,0063	0,6669	<0,0001	0,0764	8,87
Fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína	4,09	3,67	3,30	3,77	3,60	0,0001	0,1748	0,5187	0,0002	0,0122	10,35
Carboidratos não fibrosos	4,10	3,74	3,30	3,38	4,04	<0,0001	<0,0001	0,7488	<0,0001	0,0235	9,90
Nutrientes digestíveis totais	7,58	6,91	5,78	6,41	7,11	<0,0001	0,0029	0,6987	<0,0001	0,0169	9,58
	Consumo (%PC)										
Matéria seca	2,39	2,15	2,30	2,22	2,34	0,0015	0,0263	0,6027	0,5026	0,0004	6,57
Extrato etéreo	0,083	0,080	0,077	0,070	0,089	0,0017	0,0015	0,4503	0,5898	0,0002	4,28
Proteína bruta	0,314	0,292	0,303	0,295	0,311	0,0016	0,1658	0,4463	0,9822	0,0004	4,49
Fibra em detergente neutro isenta de cinzas e proteína	0,948	0,841	0,915	0,937	0,865	0,0011	0,0024	0,6225	0,3765	0,0003	7,16
Carboidratos não fibrosos	0,949	0,856	0,914	0,840	0,973	0,0040	0,0001	0,6530	0,6174	0,0011	6,96
Nutrientes digestíveis totais	1,754	1,580	1,601	1,586	1,705	0,0005	0,0017	0,6052	0,0788	0,0003	6,33
Nutrientes digestíveis totais (%)	73,424	73,651	69,448	71,383	72,965	<0,0001	<0,0001	0,1395	<0,0001	0,0744	0,42

Os animais de baixo nível de concentrado, por outro lado, tiveram um consumo considerado normal, deixando sobras, em sua maioria, compostas por partes menos digestíveis da silagem de milho, caroço de algodão e casca de soja. Esse comportamento ingestivo contribuiu para a não significância ($P>0,05$) observada para o consumo de FDNcp em quilos. Entretanto, os animais que receberam 1% do peso corporal em concentrado tiveram, ao término do experimento, peso médio de 403 kg, enquanto para aqueles recebendo 2% o peso médio foi de 416 kg. Essa diferença foi suficiente para resultar em maior consumo ($P<0,05$) de FDNcp em termos de percentagem do peso corporal, para a menor oferta de concentrado.

O consumo de matéria seca dos animais recebendo 2% do peso corporal em concentrado foi 8,5% superior em relação aos de 1%, e, para PB e NDT, observam-se consumos maiores, também para o maior nível de concentrado, cerca 9,2 e 10,9%, respectivamente. Isso mostra que o aumento no consumo desses nutrientes deveu-se quase que exclusivamente ao aumento no consumo de matéria seca, sendo o restante dessa diferença provavelmente devido a efeito de seletividade dos animais. Já os consumos de extrato etéreo e carboidratos não fibrosos, foram influenciados não só pelo aumento do consumo de matéria seca, mas também pelo maior densidade desses nutrientes na dieta de 2% em relação à de 1%.

O teor de NDT, expresso em percentagem do PC, também foi maior para a oferta de 2% do peso corporal em concentrado, provavelmente o maior teor de extrato etéreo e a maior digestibilidade dos carboidratos presentes nesta dieta resultaram nesse comportamento.

Quando avaliado o grupo genético, observou-se consumo de matéria seca maior ($P < 0,05$) para os animais F_1 Nelore-Angus em relação aos F_1 Nelore-Simental e maior consumo dos animais cruzados em relação aos Nelore. Apesar dessa diferença, não foi comprovada a hipótese de que animais cruzados teriam um maior consumo de matéria seca quando esse foi expresso em função do peso corporal ($P = 0,5576$). Euclides Filho et al. (2003) observaram um maior consumo de matéria seca em quilos para animais Nelore-Simental em relação aos Nelore, entretanto os autores não avaliaram o consumo em função do peso corporal.

Observou-se que a diferença no consumo de matéria seca (kg) de animais Nelore-Angus em relação ao Nelore-Simental deveu-se ao maior consumo de carboidratos dos primeiros, não sendo observadas diferenças para os consumos de PB e EE ($P > 0,05$). Esse maior consumo refletiu, conseqüentemente, no maior consumo de nutrientes totais dos animais Nelore-Angus.

Os animais Nelore tiveram um menor consumo de todos os nutrientes (kg/dia) em relação aos cruzados. Isso, entretanto, é reflexo do menor consumo de matéria seca desses animais, pois o consumo dos nutrientes em função do peso corporal não evidenciou ($P > 0,05$) diferenças entre animais puros e cruzados (Tabela 3).

A porcentagem de NDT na dieta de animais Nelore foi menor ($P < 0,05$) que dos cruzados, evidenciando haver diferença em seletividade desses grupos genéticos. Provavelmente os animais Nelore, menos adaptados a uma dieta com menor teor de fibra, selecionaram frações com maiores concentrações de fibra e menores de carboidratos não fibrosos, resultando em um menor NDT dietéticos. Alguns trabalhos realizados em condições brasileiras (Valadares Filho et al.,

2006; Jorge et al., 1997; Castilho Estrada, 1996) têm registrado tendência de menor consumo de MS (expresso em kg/dia) para animais Nelore, quando comparados com seus mestiços.

Não se observou diferença ($P>0,05$) entre os dois níveis de oferta de concentrado para o peso vivo final e ganho médio diário, mostrando que aparentemente a utilização de altos níveis de concentrados não traz grandes benefícios em termos de desempenho (Tabela 4). É possível que fatores como o manejo utilizado ou uma acidose subclínica tenham influenciado esses resultados. Dessa forma entende-se que dietas com altos níveis de concentrado podem trazer rendimentos consideráveis, todavia existe a necessidade de um manejo cuidadoso e uma dieta bem balanceada. Porém, quando se observam esses fatores em termos de ganho de peso de corpo vazio e de carcaça, notou-se que o conteúdo do trato gastrointestinal tem muita relevância sobre o peso dos animais.

Dietas com altos teores de concentrado geralmente apresentam maiores taxas de passagem devido à maior digestibilidade dos nutrientes da ração e menores teores de fibras indigestíveis, que tendem a permanecer por longos períodos dentro do rúmen, contribuindo para o maior peso do conteúdo gastrointestinal. Portanto o uso de diferentes níveis de concentrado pode proporcionar rendimentos de carcaça e ganho de corpo vazio maiores em dietas com maior teor de concentrado.

Essa diferença entre dietas também pode ser observada nas relações peso de corpo vazio/peso corporal e ganho de peso de corpo vazio/ganho médio diário (Tabela 4), em que os valores para o tratamento de 2% de oferta de concentrado são mais próximos de um ($P<0,05$). O PCVZ final, ganho de peso de corpo vazio

e ganho de carcaça foram maiores ($P < 0,05$) para os animais que receberam a dieta de alto nível de concentrado (Tabela 4). Essa dieta teve maior consumo de matéria seca e de nutrientes, o que provavelmente contribuiu com a maior disponibilidade de nutrientes para deposição de tecidos e ganhos de peso vazio e carcaça.

Além do maior consumo de matéria seca, a dieta com maior teor de concentrado estimula a produção de propionato e diminui a perda de energia na forma de metano, pois além da via do propionato não gerar o metano como um subproduto, os microrganismos produtores de metano são bastante sensíveis ao pH. Nesse sentido, dietas com maiores teores de concentrado tendem a aumentar a eficiência de utilização dos alimentos pelos animais quando o rúmen não atinge um nível de acidose que prejudique o desempenho (Tabela 5). Assim como o desempenho, a eficiência alimentar não foi diferente entre os dois níveis de concentrado se forem avaliados apenas os ganhos em relação ao consumo de matéria seca, porém os animais com maior nível de concentrado foram mais eficientes no ganho de peso de corpo vazio ou de carcaça em relação ao consumo em função do peso corporal (Tabela 5).

Tabela 4: Desempenho de animais de três grupos genéticos alimentados com dois níveis ofertas de concentrado

Itens	Grupo genético			Oferta de concentrado		Nível de significância					CV %
	NA	NS	NE	1%	2%	GG	NOC	GG*NOC	CZxNE	NAxNS	
Peso corporal final	483,09	473,11	449,13	462,92	473,97	0,0269	0,1375	0,2798	0,0207	0,2710	4,57
Peso de corpo vazio final	449,61	440,22	407,75	423,23	441,83	0,0002	0,0035	0,2986	0,0002	0,2117	4,00
Ganho médio diário	1,32	1,41	1,12	1,24	1,32	0,0061	0,2564	0,1802	0,0023	0,3249	16,22
Ganho de peso de corpo vazio	1,35	1,23	0,98	1,10	1,28	<0,0001	0,0029	0,2179	<0,0001	0,0796	14,00
Ganho de carcaça	0,90	0,82	0,64	0,72	0,85	0,0001	0,0078	0,4289	<0,0001	0,1160	17,16
Razão PCVZ/PC	0,92	0,927	0,924	0,915	0,932	0,4673	0,0023	0,7189	0,9878	0,2212	1,63
Razão GPCVZ/GMD	1,03	0,88	0,88	0,89	0,97	<0,0001	0,0047	0,7762	0,0108	<0,0001	8,54

Silva et al. (2002) não observaram diferenças no consumo matéria seca estudando níveis de inclusão de 20, 40, 60 e 80% de concentrado na dieta. Porém, ao contrário do presente trabalho, não observaram diferenças no GPCVZ e conversão alimentar entre os níveis de concentrado na dieta, entretanto, os mesmos só avaliaram a conversão alimentar para o consumo de matéria seca propriamente dita, sendo que o valor médio de eficiência alimentar encontrado por eles foi de 0,14 kg de ganho/kg de matéria seca consumida, exatamente igual ao deste experimento.

A determinação da primeira variável canônica para o desempenho e consumo de matéria seca gerou equações que determinam o índice bionutricional dos animais:

$$IBN_{GMD} = 1,29290860 * CMS\%PC - 0,82972815 * GMD;$$

$$IBN_{GPCVZ} = 1,06510435 * CMS\%PC - 1,42129802 * GPCVZ;$$

$$IBN_{GCARC} = 0,87650318 * CMS\%PC - 1,60369136 * GCARC;$$

Observa-se que o coeficiente do consumo de matéria seca em função do peso corporal é sempre positivo e o coeficiente para os diferentes ganhos é sempre negativo, de forma que aqueles animais que obtiverem um índice bionutricional menor são os mais eficientes. No presente trabalho, o IBN se apresentou de forma diferente em relação à eficiência alimentar para ganhos de peso vazio e carcaça (Tabela 5). Ao contrário da eficiência alimentar, o IBN não evidenciou diferenças para essas características ($P > 0,05$), sendo, portanto, ambos níveis de concentrado igualmente eficientes, pois, de acordo com Detmann et al. (2005), o IBN é mais correto estatisticamente para avaliar características de eficiência dos animais.

Tabela 5: Eficiência alimentar e índice bionutricional de animais de três grupos alimentados com duas ofertas de concentrado.

Itens	Grupo genético			Oferta de concentrado		Nível de significância					CV %
	NA	NS	NE	1%	2%	GG	NOC	GG*NOC	CZxNE	NAxNS	
Eficiência Alimentar											
GMD/CMS	0,128	0,150	0,133	0,14	0,14	0,0322	0,7746	0,1849	0,3782	0,0133	14,33
GPCVZ/CMS	0,132	0,131	0,116	0,121	0,131	0,0218	0,0509	0,1664	0,0061	0,9811	11,52
GCARC/CMS	0,088	0,087	0,075	0,080	0,087	0,0387	0,0905	0,2937	0,0116	0,8544	15,32
GMD/CMS%PC	0,554	0,654	0,483	0,560	0,567	<0,0001	0,7886	0,1768	0,0002	0,0047	14,29
GPCVZ/CMS%PC	0,566	0,537	0,422	0,493	0,548	<0,0001	0,0108	0,2090	<0,0001	0,7787	11,50
GCARC/CMS%PC	0,378	0,379	0,274	0,324	0,364	<0,0001	0,0296	0,3945	<0,0001	0,9599	15,25
Índice Bionutricional											
CMS%PV GMD	1,993	1,608	2,051	1,842	1,926	<0,0001	0,1762	0,6120	0,0005	<0,0001	9,69
CMS%PV GPCVZ	0,619	0,525	0,941	0,709	0,681	0,0002	0,7203	0,2249	<0,0001	0,0007	32,68
CMS%PV GCARC	0,643	0,573	1,000	0,790	0,687	<0,0001	0,1008	0,5671	<0,0001	0,3519	24,71

Para todas as variáveis de desempenho e eficiência alimentar, os animais com maior nível de oferta de concentrado obtiveram melhores valores brutos quando relacionados com corpo vazio ou carcaça, sendo estatisticamente diferentes para ganho de carcaça e corpo vazio em relação ao consumo em função do peso. Isso se deveu principalmente ao maior ganho apenas de carcaça desses animais em relação aos de baixo nível de concentrado.

Observa-se que outras partes do corpo não foram influenciadas pelo nível de concentrado, com exceção da cabeça que foi maior para o menor nível de concentrado, sendo o ganho de carcaça e o conteúdo gastrointestinal os únicos componentes que contribuíram para os maiores pesos de corpo vazio e carcaça observados (Tabela 6). Ao atingir a maturidade, os bovinos cessam o crescimento ósseo, de órgãos e vísceras e extremidades e passam a depositar músculo e proteína na carcaça, sendo essa deposição mais acentuada para gordura.

Apesar das melhores características de desempenho e eficiência apresentados pelos animais que receberam altos níveis de concentrado, a adoção de tal tecnologia deve sempre estar associada a uma avaliação de custos, pois como o concentrado representa a porção mais onerosa da dieta, essa maior eficiência pode não ser observada em termos de eficiência econômica.

O uso de subprodutos de baixo custo muitas vezes viabilizam o uso de dietas com alto teor de concentrado, apesar dos riscos embutidos no uso de tais alimentos. Em regiões onde há abundância de subprodutos da agroindústria, a adoção de dietas com alto níveis de concentrado pode ser bastante lucrativa, mas em regiões de difícil acesso é provável que se torne anti-econômica.

Tabela 6: Rendimento de carcaça e partes de animais de três grupos alimentados com duas ofertas de concentrado

Redimentos	Grupo enético			Oferta de concentrado		Nível de significância					CV %
	NA	NS	NE	1%	2%	GG	NOC	GG*NOC	CZxNE	NAxNS	
Carcaça Quente ¹	59,36	59,45	59,51	58,87	60,00	0,9476	0,0071	0,8654	0,7929	0,8476	1,97
Carcaça Fria ¹	58,22	58,37	58,08	57,57	58,88	0,8698	0,0065	0,9135	0,6565	0,7814	2,30
%Órgãos+Vísceras ²	16,33	16,92	16,32	16,38	16,67	0,0820	0,2347	0,4782	0,2432	0,0539	4,36
%Rabo ²	0,31	0,32	0,31	0,31	0,31	0,7142	0,5619	0,2412	0,4345	0,8193	10,28
%Couro ²	10,16	10,97	10,66	10,70	10,49	0,0432	0,4093	0,9192	0,7190	0,0137	7,09
%Pés ²	2,36	2,48	2,53	2,44	2,48	0,0119	0,3707	0,1095	0,0261	0,0357	5,66
%Cabeça ²	3,14	3,31	3,35	3,32	3,21	0,0021	0,0250	0,1123	0,0171	0,0056	4,33

¹ em função do peso corporal, ² em função do peso de corpo vazio

O desempenho dos animais cruzados foi maior ($P < 0,05$) que Nelore em todas variáveis avaliadas (Tabela 4) e animais Nelore-Angus e Nelore-Simental não diferiram entre si ($P > 0,05$). Animais cruzados possuem 100% de heterose e o objetivo de cruzar animais europeus, que passam por um programa de melhoramento há muitos anos, com zebuínos é aproveitar as características de rusticidade dos zebuínos e o potencial de desempenho dos europeus, potencial este que pôde ser observado neste experimento. Porém, apesar de mais rústicos que europeus puros, estes animais não possuem a mesma rusticidade de zebuínos puros, podendo estes resultados de desempenho não se repetir em ambiente de pastejo.

Segundo Andrade (1992) e Castillo Estrada (1996), em geral, animais Nelore possuem maior capacidade de digerirem os nutrientes quando expostos à dietas de baixa qualidade e alta fibra, como as gramíneas tropicais. Entretanto, mesmo tendo um menor desempenho em relação aos animais F_1 , o ganho obtido (1,12 kg/dia) parece satisfatório para a maioria das condições tropicais demonstrando um grande potencial apresentado pela raça Nelore.

Também se deve considerar, pelo argumento utilizado no parágrafo anterior, que devido à adaptação da raça Nelore a ambientes com alimentos de menor qualidade, a adequação desses animais à dieta utilizada nesse experimento não foi tão boa, resultando em um menor desempenho desses animais. Se esse alto desempenho for associado a um programa de melhoramento genético do rebanho, à maior facilidade de reposição de matrizes e maior resistência em ambientes tropicais, pode-se justificar a larga utilização

dessa raça no Brasil. Outros trabalhos encontraram desempenhos de animais zebuínos na mesma escala que cruzamentos industriais.

Leme et al. (2000) trabalhando com diversos grupos raciais em confinamento encontraram maior ganho de animais F₁ South Devon-Nelore (1,37 kg/dia) em relação a animais Nelore provindos da Agropecuária CFM Ltda. (0,77 kg/dia), porém não observaram diferença entre animais Nelore comerciais comparados com F₁ Nelore-Hereford, F₁ Nelore-Aberdeen Angus, F₁ Nelore-Red Angus, F₁ Nelore-Caracu, ¼ Simental-Nelore e ¼ Charolês-Nelore. Já Cruz et al. (2009) em pastagem de Coastcross obtiveram ganhos de animais Nelores e F₁ Nelore-Simental iguais quando suplementados com mistura mineral, diferindo de F₁ Nelore-Angus e F₁ Nelore-Canchim. Quando suplementados com concentrados, apenas os animais Nelore-Angus foram superiores aos demais.

Observa-se, também, que as diferenças evidenciadas entre animais cruzados e Nelore para o ganho médio diário podem também ser observadas para o ganho de peso de corpo vazio e de carcaça (Tabela 4). Entretanto, a diferença de desempenho destas variáveis foi mais pronunciada que o GMD, sendo de 31 e 34% para GPCVZ e GCARC, contra 21% para o GMD. Portanto, o ganho de peso dos animais Nelore pode não estar associado unicamente ao ganho de carcaça, mas também de extremidades como pés e cabeça (P<0,05; Tabela 6).

Apesar dos animais Nelore-Angus apresentarem maior GMD, estes foram os que apresentaram maior consumo de matéria e nutrientes, portanto, esse foi o provável motivo para a não significância observada para a eficiência alimentar entre cruzados e Nelore. Fato esse confirmado pela existência de diferenças entre

animais Nelore-Angus e Nelore-Simental. Provavelmente os animais Nelore-Simental estavam ainda numa fase mais eficiência de crescimento, por terem um alto grau sanguíneo de uma raça tardia. Esse mesmo comportamento se mantém quando a eficiência é avaliada em função do peso corporal.

Entretanto, observa-se pela Tabela 4 que a relação GPCVZ/GMD dos Nelore-Angus foi maior que dos outros grupos genéticos, fazendo com que a eficiência alimentar em termos de ganho de peso de corpo vazio e carcaça fosse semelhante à do Nelore-Simental. Dessa forma houve uma maior eficiência dos cruzados em relação aos Nelore quando avaliados o GPCVZ e GCARC. Assim, como o nível de oferta de concentrado, o IBN apresentou diferenças de eficiência quando comparado à eficiência alimentar. De acordo com o índice, animais Nelore foram menos eficientes que os cruzados para todas as formas de expressão do desempenho ($P > 0,05$). Os animais Nelore-Simental foram mais eficientes que os Nelore-Angus para o GMD e GPCVZ ($P < 0,05$), não sendo evidenciada diferença apenas para o IBN de GCARC. Entretanto o coeficiente de variação para esta característica foi de 24%, podendo ter influenciado para a ausência de significância desta variável. De acordo com o NRC (1996), animais Simental são de maturidade tardia, enquanto Angus são precoces, portanto, como ambos tinham pesos médios próximos, é possível que os animais europeus continentais estivessem em uma fase de crescimento mais eficiente, ou seja, de maior aporte de nutrientes para deposição de proteína, que é mais eficiente que a deposição de gordura.

Restle et al. (2000), estudando animais Charolês, Nelore e cruzados dessas duas raças também observaram menor desempenho e consumo para os

animais zebuínos em relação aos europeus e cruzados, porém não observaram diferença de eficiência alimentar entre os grupos genéticos. Os autores também não observaram diferença para o CMS quando expresso em termos do pesos metabólico ou em percentagem do peso corporal, também evidenciando o potencial da raça Nelore quando comparada à outro tipo de cruzamento.

Apesar da não significância observada entre os grupos genéticos para algumas eficiências, observa-se pelos valores de significância dos contrastes que os animais cruzados são sempre mais eficientes que zebuínos puros pelo IBN, porém o mesmo não se evidencia para a eficiência alimentar em todos os casos, mais uma vez mostrando a diferença de interpretação entre as duas formas de avaliação de eficiência. Possivelmente a maior eficiência dos animais cruzados pode estar associada não somente ao grau de sangue propriamente dito, mas uma vez que esses animais tiveram maiores desempenhos, os gastos energéticos com manutenção se diluem, fazendo com que os mesmos se tornem mais eficientes.

Freitas et al. (2006) avaliaram a eficiência de utilização da energia metabolizável de animais zebuínos puros e cruzados com os níveis de concentrado de 30, 40, 60 e 70% de concentrado e não encontraram diferenças na eficiência de utilização da energia metabolizável para nenhum dos tratamentos. Embora o NRC (1996) e Ferrell & Jenkins (1998) afirmarem que variações nesta eficiência de utilização podem estar relacionadas ao grupo genético e às características intrínsecas à dieta, como metabolizabilidade da ração (Coelho da Silva & Leão, 1979).

Euclides Filho et al. (2003) não encontraram diferenças no desempenho, consumo e eficiência bionutricional de animais Nelore e F₁ Nelore-Simental. Entretanto, Barbosa (1998) sugeriu que animais cruzados, principalmente oriundos de cruzamentos com raças britânicas, seriam os mais eficientes, corroborando parcialmente os resultados deste trabalho, os animais F₁ foram mais eficientes que zebuínos puros, porém o cruzamento oriundo da raça continental foi mais eficiente que o da raça britânica, porém o autor avaliou a conversão alimentar, que não seria o melhor método de avaliação de eficiência.

Observa-se que não houve diferença entre grupos genéticos ($P>0,05$) para rendimentos de carcaça quente ou fria (Tabela 6), não comprovando a hipótese de que animais europeus, principalmente continentais, tendem a possuir carcaças mais compridas e, portanto, com maior rendimento final. No entanto, Oliveira et al. (2009), analisando os animais do presente trabalho, observaram diferenças na espessura de gordura dos animais, sendo este valor de 3,81; 4,62 e 6,37 mm, para Nelore, Nelore-Simental e Nelore-Angus, respectivamente, evidenciando uma diferença no grau de acabamento dos animais, portanto na maturidade, o que pode contribuir para a explicação dos resultados obtidos acima.

Pode-se notar, também, que os animais Nelore possuíram um maior rendimento de cabeça e pés em relação aos cruzados, mostrando que parte do ganho dos animais Nelore pode não estar concentrada somente no ganho de carcaça. Como os animais Nelore entraram mais leves no experimento, é possível que estes ainda não tivessem completado seu crescimento de extremidades, ocasionando esse tipo de comportamento de crescimento. Não houve diferença ($P>0,05$) entre grupos genéticos para o rendimento de órgãos e vísceras, não

comprovando a hipótese de que animais cruzados teriam maior proporção desses do que no corpo que zebuínos. Também não foi observada diferença quando contrastados zebuínos e cruzados para nenhum dos rendimentos avaliados, sugerindo não haver diferença no comportamento do crescimento das partes avaliadas.

CONCLUSÕES

Animais consumindo 2% do peso corporal em oferta de concentrado têm um maior consumo em relação àqueles recebendo 1%, tendo também um maior desempenho de corpo vazio e carcaça, porém não há diferenças de eficiência entre os dois níveis de concentrado. Animais F₁ Nelore-Simental são mais eficientes em ganhar peso que animais F₁ Nelore-Angus, quando abatidos com pesos semelhantes. Animais cruzados *Bos taurus/Bos indicus* são mais eficientes que animais zebuínos puros.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, A.T. **Digestão total e parcial da matéria seca, matéria orgânica, energia bruta e proteína bruta em diferentes grupos genéticos de bovídeos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1992. 150p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- BAKER, J.F.; LONG, C.R.; POSADA, G.A. et al. Comparison of a five-breed diallel: size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **Journal of Animal Science**, v.67, n.5, p.1218-1229, 1989.
- BARBOSA, P.F. Cruzamentos industriais e a produção de novilhos precoces. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1998. p.100-114.
- BULLE, M.L.M; RIBEIRO, F.G.; LEME, P.R.; TITTO, E.A.L.; LANNA, D.P.D. Desempenho de Tourinhos Cruzados em Dietas de Alto Teor de Concentrado

- com Bagaço de Cana-de-Açúcar como Único Volumoso **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.444-450, 2002
- CASTILLO ESTRADA, L.H. **Composição corporal e exigências de proteína, energia e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), características da carcaça e desempenho do Nelore e mestiços em confinamento.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- CASTILLO ESTRADA, L.H.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M. et al. Exigências Nutricionais de bovinos não castrados em confinamento. 1. Conteúdo corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.3, p.575-583, 1997.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes.** 1.ed. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.
- CRUZ, G.M.; RODRIGUES, A.A.; TULLIO, R.R. et al Desempenho de bezerros da raça Nelore e cruzados desmamados recebendo concentrado em pastagem adubada de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.139-148, 2009
- DE LEÓN, V. A.; BARIONI, L. G.; OLTJEN, J. W., et al. Development of a heat balance model for cattle. In: Modelling Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals, 7., 2009, Paris, FR. **Anais...** Paris, FR:INRA - AgroParisTech, 2009. p.40.
- DETMANN, E.; CECON, P. R.; ANDREOTTI, M. D. O., et al. Application of the first canonical variable in the evaluation of animal production trials. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2417-2426, 2005. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982005000700030&nrm=iso>.
- EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO G.R.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Desempenho de Diferentes Grupos Genéticos de Bovinos de Corte em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1114-1122, 2003
- 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, p.647-657, 1998.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Consumo, conversão alimentar, ganho de peso e características da carcaça de bovinos F1 Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.343-351, 1999.
- FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1475-1495, 1988.
- FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável em bovinos Nelore puros e cruzados submetidos a

- quatro níveis de concentrado na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.894-901, 2006
- GESUALDI Jr., A.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Níveis de concentrado na dieta de novilhos F1 Limousin x Nelore: características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.5, p.1467-1473, 2000.
- JORGE, A.M.; FONTES, C.A.A.; FREITAS, J.A. et al. Ganho de peso e de carcaça, consumo e conversão alimentar de bovinos e bubalinos, abatidos em dois estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.4, p.806-812, 1997.
- LEME, P.R.; BOIN, C.; MARGARIDO, R.C.C. et al. Desempenho em Confinamento e Características de Carcaça de Bovinos Machos de Diferentes Cruzamentos Abatidos em Três Faixas de Peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.6, p.2347-2353, 2000 (Suplemento 2)
- Mertens, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240. 2002
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th.ed. Washington, DC:National Academy Press, 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 1996. 242p.
- OLIVEIRA, I. M.; PAULINO, P. V. R.; MARCONDES, M. I., et al. Características de carcaça de bovinos Nelore, F₁ Simental x Nelore, F₁ Angus x Nelore alimentados ao nível de manutenção e *ad libitum* com dois níveis de concentrado na dieta. In: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 46.2009, Maringá, PR. **Anais**. Maringá, PR:SBZ, 2009. CD ROM
- RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C.; FATURI, C. et al. Desempenho na Fase de Crescimento de Machos Bovinos Inteiros ou Castrados de Diferentes Grupos Genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.4, p.1036-1043, 2000
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.
- SILVA, F.F.; Valadares FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Desempenho Produtivo de Novilhos Nelore, na Recria e na Engorda, Recebendo Dietas com Diferentes Níveis de Concentrado e Proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.492-502, 2002 (suplemento)
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562 – 3577, 1992.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. 1.ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.

Requerimentos de energia de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental

Resumo: Objetivou-se com esse trabalho estimar as exigências nutricionais de energia líquida e metabolizável de animais Nelore, Nelore-Angus e Nelore-Simental, bem como as eficiências de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção. Também foi objetivo do estudo estimar a eficiência de deposição de energia na forma de proteína e gordura. Foram utilizados 69 animais (23 Nelore, 23 Nelore-Angus e 23 Nelore-Simental), sendo que 12 animais (4 de cada grupo genético) foram abatidos antes do início do experimento como grupo referência e 9 animais foram separados para a realização de um ensaio de digestibilidade. Os animais restantes foram divididos em três dietas (ofertas de concentrado na base de 1 ou 2% do peso corporal à vontade ou 1% a nível de manutenção). Ao final todos animais foram abatidos e a composição corporal e o peso de corpo vazio (PCVZ) determinados. Os requerimentos líquidos de energia foram estimados pela equação da energia retida em função do $PCVZ^{0,75}$ e ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Foram estimadas as exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção pela equação da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável. Houve efeito do teor de concentrado da dieta sobre a relação peso corporal :PCVZ, assim como para a relação ganho de peso corporal:GPCVZ. O requerimento diário de energia líquida para manutenção de animais Nelore, Nelore-Angus ou Nelore-Simental é de $75,8 \text{ kcal}/PCVZ^{0,75}$ e o requerimento de energia metabolizável é de $112,82 \text{ kcal}/PCVZ^{0,75}$. As eficiências de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção são de 41,22 e 67,19%, respectivamente, e as eficiências de deposição da energia na forma de proteína e gordura são de 26,71 e 75,43%, respectivamente.

Energy Requirements of Nellore purebred and crossbred with Angus and Simmental

Abstract: The purpose of this study is to estimate the net and metabolizable energy requirements of Nellore, Nellore-Angus and Nellore Simmental cattle, as well as the efficiency of utilization of metabolizable energy for gain and maintenance. It was designed to estimate the energy retention efficiency as protein and fat. Sixty nine animals (23 Nellore, 23 Nellore-Angus and 23 Nellore-Simmental) were used, being 12 animals (4 in each genetic group) slaughtered before the beginning of the experiment as the baseline group, and nine were used to perform a digestibility trial. The remaining animals were divided into three dietary treatments (concentrate fed at 1 or 2% of body weight and at maintenance). At the conclusion of the experiment all these animals were slaughtered and body composition and empty body weight (EBW) were determined. The net energy requirements were estimated as a function of $EBW^{0.75}$ and empty body gain (EBG). The net and metabolizable energy requirements for maintenance were obtained as a function of heat production on metabolizable energy intake. There were concentrate effects on body weight x EBW ratio, as well as average body weight gain x EBG ratio. The net energy requirement for maintenance of Nellore, Nellore-Angus and Nellore-Simmental is 75.8 kcal/ $EBW^{0.75}$ and the metabolizable energy requirements for maintenance are 112.82 kcal/ $EBW^{0.75}$. The efficiency of metabolizable energy utilization for gain and maintenance are 41.22 and 67.17%, respectively, and the energy retention efficiency as protein and fat are 26.71 and 75.43%, respectively.

INTRODUÇÃO

A maioria dos bovinos de corte do Brasil tem forte influência de sangue zebuíno. De acordo com Sainz et al (2006), 80% do gado nacional é composto por raças zebuínas. Contudo, o cruzamento industrial surgiu há algum tempo como forma de otimizar o desempenho e melhorar os índices de desfrute nas propriedades.

Esse maior potencial de crescimento de animais cruzados (Baker et al., 1989; Bulle et al, 2002) deve ser aliado a um plano nutricional adequado dos animais, já que, geralmente, um maior desempenho está associado a maiores exigências de energia e proteína (NRC, 2000).

Entretanto, os sistemas mais utilizados do país para formulação de rações foram desenvolvidos em ambiente temperado e utilizando raças desse tipo de clima. O NRC (2000), AFRC (1993), CSIRO (2007) e o INRA (2007) são os sistemas de alimentação mais difundidos no mundo atualmente.

Existe uma proposta de requerimentos nutricionais para animais zebuínos criados em condições brasileiras (BR-CORTE, Valadares Filho et al., 2006), todavia o mesmo não aborda os efeitos de raças européias sobre os requerimentos nutricionais desses animais.

Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho estimar as exigências nutricionais de energia líquida e metabolizável de animais puros da raça Nelore e seus cruzamentos com as raças Angus e Simental, bem como as eficiências de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção. Também foi objetivo do

estudo estimar a eficiência de deposição de energia na forma de proteína e gordura nos diferentes grupos genéticos avaliados.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa e o experimento conduzido durante o período de maio a setembro de 2007. Foram utilizados 69 bovinos castrados de 18 meses, sendo 23 destes Nelore com $306,6 \pm 27,0$ kg de peso vivo (PV), 23 F₁ Nelore-Angus ($363,8 \pm 32,8$ kg PV) e 23 F₁ Nelore-Simental ($367,2 \pm 27,2$ kg PV).

Do total de animais, 12 animais (4 de cada grupo genético) foram designados como grupo referência, sendo abatidos após o período de adaptação, 12 como grupo manutenção e 9 (3 de cada grupo genético) foram destinados a um ensaio de digestibilidade. Todos animais eram provenientes de um mesmo rebanho comercial, sendo mantidos à pasto com suplementação durante a recria.

Os animais não pertencentes ao grupo referência foram divididos em três dietas (1 ou 2% do peso corporal em oferta de concentrado e grupo manutenção) de forma inteiramente casualizada em esquema fatorial 3 x 3 (três dietas e três grupos genéticos) com seis repetições para os animais alimentados à vontade e quatro para o grupo manutenção.

Após um período de adaptação de 30 dias, onde todos os animais receberam uma dieta composta por 55% silagem de milho e 45% de concentrado, o grupo referência foi abatido e determinado o peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais.

Após o abate do grupo referência, aqueles animais que foram designados a receber 2% do peso corporal em concentrado passaram uma semana recebendo 1,5% do peso vivo (PV) em concentrado e mais uma semana recebendo 2% do PV em concentrado para adaptação à dieta. Os animais que foram designados a receber 1% do PV em concentrado iniciaram com sua dieta imediatamente após o abate do grupo referência.

Os animais em manutenção também iniciaram seu tratamento após o abate do grupo referência. Esses animais foram alimentados com 1,1% do peso vivo (PV) em matéria seca, e foram alimentados com a mesma dieta fornecida aos animais que receberam 1% do PV em concentrado. Ao término dessa segunda semana, todos os animais foram pesados para início do primeiro período experimental. Esse período de adaptação à dieta foi chamado de segunda adaptação.

Os animais foram mantidos em baias individuais, com piso de concreto, providas de comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m², dos quais 8 m² de área coberta com telhas de amianto. As rações foram formuladas para que as dietas fossem isoprotéicas (12,5%), sendo os consumos estimados segundo Valadares Filho et al. (2006) e as exigências de macro e microminerais ajustadas de acordo com o NRC (2000). Os concentrados foram formulados para que a mesma ração fosse ofertada para ambos tratamentos, mudando apenas a relação milho e uréia+sulfato de amônia (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados na ração experimental

Item	Caroço de Algodão	Casca de Soja	Farelo de Soja	Milho	Silagem de Milho	Mistura Mineral
Matéria Seca ¹	91,18	88,68	88,61	88,38	28,95	-
Matéria Orgânica ¹	96,91	96,19	94,04	98,97	93,32	-
Proteína Bruta (PB) ¹	23,92	11,85	49,46	8,91	7,13	-
Proteína Insolúvel em Detergente Neutro/PB ²	12,79	40,10	11,68	29,72	19,55	-
Extrato Etéreo ¹	15,75	1,05	1,48	3,36	2,44	-
Fibra em Detergente Neutro (FDN) ¹	49,63	67,43	17,58	21,95	52,48	-
FDN isenta de cinzas e proteína ¹	45,68	61,68	11,17	18,78	49,13	-
Carboidratos Não Fibrosos ¹	11,56	21,62	31,93	67,92	34,62	-
FDN indigestível ¹	20,47	6,32	2,60	3,07	19,60	-
FDA indigestível ¹	16,27	3,22	1,04	1,14	10,61	-
Fósforo ¹	0,94	0,20	1,02	0,50	0,36	15,57
Cálcio ¹	0,31	0,81	0,56	0,25	0,36	31,54
Magnésio ¹	0,29	0,27	0,35	0,11	0,11	0,66
Sódio ¹	0,16	0,17	0,11	0,11	0,14	0,23
Potássio ¹	1,17	1,31	2,13	0,47	1,28	0,40

¹ % na MS; ² % da PB.

O experimento teve uma duração total de 131 dias, sendo 30 dias de adaptação às condições experimentais, 14 dias de adaptação à dieta (2ª adaptação), três períodos de 28 dias, mais 3 dias para o abate dos animais. Ao término do terceiro período, iniciou-se o abate dos animais, sendo abatidos seis animais por dia.

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia e ajustados de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido, com água permanentemente à disposição dos animais. A dieta oferecida foi registrada diariamente, assim como foram coletadas amostras da silagem de milho, caroço de algodão, casca de soja e das sobras de cada animal.

No primeiro período, a oferta de concentrado foi corrigida semanalmente com base no ganho de peso médio diário dos animais na 2ª adaptação, e no

segundo e terceiro períodos esse ajuste foi feito, também semanalmente, com base no ganho dos períodos anteriores.

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes nos concentrados e nas dietas e composição dos concentrados e dietas obtidas na base da matéria seca

Ingrediente	1%		2%	
	Concentrado	Dieta	Concentrado	Dieta
Proporção (%)				
Silagem de Milho		58,70		24,84
Caroço de Algodão	12,28	5,07	12,07	9,07
Casca de Soja	26,93	11,12	26,66	20,04
Uréia	3,17	1,31	1,06	0,80
Sulfato de Amônio	0,35	0,14	0,21	0,16
Milho	52,43	21,65	55,07	41,39
Farelo de Soja	2,02	0,84	2,09	1,57
Mistura Mineral ¹	0,69	0,29	0,70	0,52
Sal	0,69	0,29	0,70	0,52
Cloreto de Potássio	0,35	0,14	0,35	0,26
Óxido de Magnésio	0,32	0,13	0,32	0,24
Bicarbonato de Sódio	0,64	0,26	0,64	0,48
Calcário	0,14	0,06	0,14	0,11
Composição Nutricional				
Matéria seca ²	-	53,97	-	74,29
Matéria Orgânica ³	95,72	94,31	95,70	95,11
Proteína Bruta ³	20,69	12,73	14,96	13,02
Extrato Etéreo ³	4,01	3,09	4,06	3,66
Fibra em Detergente Neutro isenta de cinzas e proteína ³	41,18	45,84	35,51	38,89
Carboidratos Não Fibrosos ³	52,39	41,96	48,21	44,83
Nutrientes Digestível Totais ³	-	70,50	-	70,27
Energia Digestível ³	-	3,11	-	3,10
Energia Metabolizável ⁴	-	2,54	-	2,54
Fósforo ³	0,56	0,44	0,57	0,52
Cálcio ³	0,67	0,49	0,67	0,59
Magnésio ³	0,35	0,21	0,36	0,30
Sódio ³	0,55	0,31	0,55	0,45
Potássio ³	0,95	1,14	0,96	1,04

¹ Composição: Ca - 24,0%; P - 17,4%; Co - 100,0 ppm; Cu - 1.250,0 ppm; Fe - 1.795,0 ppm; Mn - 2.000,0 ppm; Se - 15,0 ppm; Zn - 5.270,0 ppm; I - 90,0 ppm. ² Porcentagem da matéria natural. ³ Porcentagem da matéria seca. ⁴ Mcal/kg de matéria seca

As amostras de sobras e alimentos fornecidos foram agrupadas em amostras compostas semanais, proporcionais à matéria pré-seca, e foi

determinada a matéria seca de todas essas compostas para obtenção do consumo de matéria seca. A partir das amostras compostas semanais foi elaborada uma amostra composta por cada período de 28 dias. Nas amostras compostas de cada período foi determinada sua composição química.

A descrição detalhada das análises química é apresentada por Marcondes et al. (2009). O consumo de energia metabolizável (CEM) foi calculado multiplicando o consumo de cada nutriente pelo seu respectivo coeficiente de digestibilidade, e posteriormente pelo seu valor calórico. A conversão de energia digestível (ED) em energia metabolizável (EM) foi conforme proposto pelo NRC (2000), segundo a equação $EM = 0,82 \times ED$.

As amostras coletadas foram pré-secas em estufa ventilada a 65°C por 72h e moídas em moinho com peneira de malha de 1mm por 10 minutos, sendo o remanescente do moinho adicionado à amostra moída.

Antes dos abates, os animais foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular para sangramento total, seguido de lavagem do aparelho gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ).

A relação média obtida entre o PCVZ e o peso corporal do grupo referência foi utilizada para a estimativa do PCVZ inicial dos animais que permaneceram em alimentação. Após o abate, as duas meias-carcaças resfriadas em câmara a 0-4°C, durante 18 horas.

Todas as meias-carcaças direitas foram dissecadas em ossos, gordura e músculo, sendo que músculo e gordura foram moídos separados e

posteriormente feita uma amostra composta proporcional à sua presença na carcaça. Já os ossos foram separados em ossos longos, vértebras e costelas, amostrados e serrados, sendo feita uma composta de ossos da carcaça, também proporcional ao seu peso na carcaça.

O rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, carne industrial e aparas (esôfago, traquéia e aparelho reprodutor), foram triturados em um triturador industrial por 20 minutos, constituindo uma amostra composta de vísceras e órgãos.

As amostras de sangue foram coletadas durante a sangria, acondicionadas em recipiente de vidro e levadas à estufa de ventilação forçada, a 65°C, durante 72 horas, para determinação do teor de matéria seca (MS), sendo, a seguir, moídas em moinho de bola.

Aleatoriamente foram escolhidos dois animais de cada tratamento (dieta x grupo genético), que tiveram suas cabeças e pés amostrados. A composição média da cabeça e pés desses animais para cada tratamento foi utilizada como base de cálculo da composição dos animais que não tiveram seus pés e cabeça amostrados.

Com exceção do sangue, todas as amostras (órgãos+vísceras, músculo+gordura, ossos, tecido mole e couro) foram liofilizadas por 72 a 96h para determinação da matéria pré-seca gordurosa (MSG). Posteriormente, as amostras foram submetidas a um pré-desengorduramento (MSPD) por extração por éter de petróleo no aparelho Soxhlet por 6 horas. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de bola, para posteriores determinações de nitrogênio total e extrato

etéreo, conforme Silva & Queiroz (2002). A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada pela diferença entre a MSG e a MSPD.

A determinação da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos de 5,6405 e 9,3929 (ARC, 1980), respectivamente, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980). O conteúdo de energia no corpo dos animais de cada tratamento, e para todos os tratamentos em conjunto, foram estimados por meio dos conteúdos corporais de energia dos animais em desempenho e referência, em função do PCVZ, conforme o modelo:

$$CE = a \times PCVZ^b$$

Onde CE é o conteúdo de energia corporal (Mcal), PCVZ é o peso de corpo vazio e 'a' e 'b' são parâmetros da regressão.

A partir dos parâmetros da regressão acima apresentada, os requerimentos líquidos de energia por quilo de ganho de peso de corpo vazio foram estimados pela derivada da equação acima, segundo o modelo:

$$EL_g = a \times b \times PCVZ^{b-1}$$

Onde EL_g é o requerimento de energia líquida para ganho (Mcal/kgGPCVZ).

Foram ajustadas equações de regressão entre a energia retida (ER) e o ganho diário de PCVZ, para determinado PCVZ metabólico ($kg^{0,75}$), nos animais em desempenho, utilizando o modelo:

$$ER = a \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^b$$

Onde ER é a energia retida (ER, Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) e 'a' e 'b' são coeficientes da regressão.

As exigências de energia metabolizável para manutenção (EM_m) foram estimadas utilizando os animais em desempenho e manutenção a partir da relação entre a energia retida (ER) e o CEM, segundo o modelo:

$$ER = \beta_1 \times CEM + \beta_0,$$

Onde que β_1 representa a eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de peso.

Para obtenção dos parâmetros β_0 e β_1 da equação acima, foi utilizado o método da regressão ortogonal, conforme preconizado por Fuller (1987), uma vez que existem erros associados às duas variáveis (ER e CEM), de acordo com as equações:

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \times \bar{X}$$

$$\beta_1 = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + \sqrt{(\sigma_y^2 + \sigma_x^2)^2 + 4 \times \sigma_{xy}^2}}{2 \times \sigma_{xy}}$$

Onde \bar{X} é a média do consumo de energia metabolizável (Mcal/kgPCVZ^{0,75}/d), \bar{Y} é a média da energia (Mcal/kgPCVZ^{0,75}/d), σ_x^2 é a variância de X; σ_y^2 é a variância de Y; σ_{xy} é a covariância entre X e Y.

Igualando-se a ER a zero na equação acima foi obtido o consumo de energia metabolizável em que a retenção de energia é nula, representando, desta forma as EM_m . O β_1 foi definido como a eficiência de uso da energia metabolizável para ganho (k_g).

Também com o mesmo grupo de animais, foram estimadas as exigências de energia líquida para manutenção, a partir do intercepto da regressão exponencial entre a produção de calor (PC) e o CEM. Pelo método iterativo foi determinado o ponto onde o CEM e a PC se igualam, sendo esse valor uma segunda forma de estimar os requerimentos de EM_m . O modelo utilizado foi:

$$PC = \beta_0 \times e^{\beta_1 \times CEM}$$

Onde PC é a produção de calor (Mcal/PCVZ^{0,75}), CEM é o consumo diário de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}), β_0 e β_1 são parâmetros da regressão e 'e' é o número de Euler.

A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (k_m) foi obtida a partir da relação entre as exigências líquidas e metabolizáveis de energia para manutenção obtidas pelos modelos avaliados. Para cálculo das eficiências parciais de uso da energia metabolizável para síntese de gordura e proteína, foi construída a equação:

$$CEM = \beta_0 + \beta_1 \times \Delta_{prot} + \beta_2 \times \Delta_{gord}$$

Onde CEM é o consumo diário de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}), Δ_{prot} e Δ_{gord} são as variações de energia corporal em função da proteína e gordura (Mcal/PCVZ^{0,75}), respectivamente, e β_0 ; β_1 e β_2 são coeficientes da regressão múltipla.

O intercepto (β_0) da equação representa uma terceira forma de estimativa das exigências de energia metabolizável para manutenção (Mcal/PCVZ^{0,75}), e os inversos dos coeficientes β_1 e β_2 representaram as eficiências de deposição da energia na forma de proteína e gordura (k_{prot} e k_{gord}), respectivamente.

Os modelos de conteúdo corporal, energia retida em função do GPCVZ e produção de calor, com seus respectivos coeficientes, foram testados pelo teste de identidade de modelos de Regazzi & Silva (2004). Já o modelo da energia retida em função do CEM, os modelos de cálculo de PCVZ e GPCVZ foram testados pela identidade de modelos de Regazzi (1999) e o CEM em função da Δ_{prot} e Δ_{gord} foram testados pelo proc Mixed do SAS. Para todos os testes foi

utilizado 5% como nível crítico para identificar efeitos de grupo genético sobre os requerimentos de energia dos animais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A relação média entre PV e PCVZ foi de 0,9171. Os dados de PCVZ foram contrastados com os de PV por meio de uma regressão linear sem intercepto, sendo testados os efeitos de grupo genético e dieta, assim como sua interação. Não houve efeito da interação grupo genético x dieta ($P > 0,05$) e do grupo genético, entretanto houve efeito das dietas sobre a relação. Os modelos por dieta são demonstrados abaixo.

$$1\% \text{ do PV: } PCVZ = 0,9143 (\pm 0,0767) \times PVJ$$

$$2\% \text{ do PV: } PCVZ = 0,9312 (\pm 0,0737) \times PVJ$$

Onde PCVZ é o peso de corpo vazio (kg) e PVJ é o peso vivo é jejum (kg).

O BR-CORTE (2006) e o NRC (2000) apresentaram valores fixos para a relação PVJ/PCVZ de 0,896 and 0,891, respectivamente. Entretanto, o NRC (2000) reportou que essa relação poderia variar de 85 a 95%. Chizzotti et al. (2008), usando a meta-análise de dados de animais zebuínos e cruzados criados no Brasil, apresentaram uma relação PVJ/PCVZ de acordo a equação: $PCVZ = -15,6 + 0,928 \times PVJ$; e também observaram que o intercepto não foi diferente de zero, portanto muito semelhante ao modelo proposto nesse trabalho.

A relação GMD/GPCVZ média foi de 0,9242. Esse valor é próximo daqueles reportados pelo BR-CORTE (2006), NRC(2000) e Chizzotti et al. (2008) de 0,933; 0,951 e 0,961, respectivamente. Quando os dados de GPCVZ foram

relacionados com o GMD observou-se efeito dos tratamentos (1 ou 2% do PV em oferta de concentrado) e de grupo genético, todavia não foi observado efeito de interação grupo genético x tratamento:

$$\text{Nelore e Nelore-Simental: GPCVZ} = 0,8736 (\pm 0,0167) \times \text{GMD}$$

$$1\% \text{ do PV: GPCVZ} = 0,8806 (\pm 0,0231) \times \text{GMD}$$

$$2\% \text{ do PV: GPCVZ} = 0,9639 (\pm 0,0220) \times \text{GMD}$$

Onde GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia) e GMD é o ganho médio diário (kg/dia). Os resultados encontrados para Nelore-Angus demonstram que esses animais tiveram GPCVZ semelhante ao ganho médio diário. As equações que descrevem o conteúdo de energia corporal estimadas foram:

$$\text{Nelore: Energia Corporal (Mcal)} = 0,0525 (\pm 0,009) \times \text{PCVZ}^{1,6649 (\pm 0,401)}$$

$$\text{Nelore-Angus: Energia Corporal (Mcal)} = 0,0188 (\pm 0,004) \times \text{PCVZ}^{1,8222 (0,422)}$$

$$\text{Nelore-Simental: Energia Corporal (Mcal)} = 0,0342 (0,006) \times \text{PCVZ}^{1,7249 (0,456)}$$

onde PCVZ é o peso de corpo vazio.

Não foram detectadas diferenças significativas entre os grupos ($P > 0,05$), portanto foi estimada uma equação conjunta descrita como:

$$\text{Energia Corporal (Mcal)} = 0,0611 (0,003) \times \text{PCVZ}^{1,6318 (0,189)}$$

A partir das equações apresentadas, foram estimadas as exigências de energia líquida por quilo de ganho de peso de corpo vazio para diferentes pesos corporais (Tabela 3). Também foram representados os requerimentos sugeridos pelo BR-CORTE (2006) e NRC (2000) para fins de comparação (Tabela 3). Os dados evidenciam um aumento nas exigências de energia na medida em que aumenta o peso corporal dos animais. Esse fato ocorre devido ao aumento da

maturidade dos animais, onde a deposição de proteína começa a diminuir e o metabolismo transfere o fluxo de energia para reservas corporais.

Tabela 3 – Exigências de energia líquida para ganho (Mcal/kgGPCVZ) de animais de diferentes grupos genéticos, e em conjunto, em função de diferentes pesos corporais

Peso Corporal	Nelore	Nelore-Angus	Nelore-Simental	Conjunta	BR-CORTE	NRC
300	3,668	3,472	3,461	3,467	4,107	4,290
350	4,064	3,941	3,870	3,822	4,611	4,815
400	4,441	4,398	4,264	4,159	5,096	5,323
450	4,803	4,845	4,644	4,480	5,567	5,814
500	5,151	5,284	5,012	4,788	6,025	6,292

A falta de significância observada entre os grupos genéticos para os requerimentos de energia líquida indica que, apesar da alta heterose, animais zebuínos poderiam obter ganhos semelhantes aos mestiços se corretamente alimentados. Alguns trabalhos feitos em sistemas de pastagens e confinamentos mostram bons resultados para zebuínos em comparação com animais cruzados.

Leme et al. (2000), trabalhando com diversos grupos raciais em confinamento, encontraram maior ganho de peso para animais F₁ South Devon-Nelore (1,37 kg/dia) em relação aos animais Nelore provindos de rebanho com programa de seleção genética. (0,77 kg/dia), porém não observaram diferença entre animais Nelore comerciais comparados com F₁ Nelore-Hereford, F₁ Nelore-Aberdeen Angus, F₁ Nelore-Red Angus, F₁ Nelore-Caracu, ¼ Simental-Nelore e ¼ Charolês-Nelore.

Cruz et al. (2009), em pastagem de Coastcross, obtiveram ganhos de peso para animais Nelore e F₁ Nelore-Simental iguais quando suplementados com mistura mineral, diferindo de F₁ Nelore-Angus e F₁ Nelore-Canchim. Quando

suplementados com concentrados, apenas os animais Nelore-Angus foram superiores aos demais.

O National Research Council (NRC, 2000) sugere que diferenças no requerimento de energia entre *Bos taurus* e *Bos indicus* poderiam ser mais evidenciadas pelas exigências de manutenção, onde zebuínos teriam um requerimento 10% menor para manutenção em relação aos taurinos.

Observa-se, também, que os valores estimados a partir da equação para castrados das Tabelas Brasileiras de Exigências Nutricionais para Zebuínos (BR-CORTE, 2006) mostram valores superiores aos encontrados neste trabalho (Tabela 3), porém esses dados foram gerados com apenas 59 observações, quantidade essa maior que as utilizadas nesse trabalho.

Além disso, observa-se que os valores do NRC (2000), obtidos com animais taurinos são ainda maiores que aqueles do BR-CORTE. Dessa forma, devido à baixa quantidade de trabalhos encontrados na literatura comparando exigências nutricionais de animais zebuínos e seus cruzamentos, mais estudos ainda precisam ser desenvolvidos para que se encontre uma conclusão mais adequada sobre desenvolver, ou não, tabelas de exigência conjuntas ou separadas para animais zebuínos e cruzamentos industriais.

Os valores de energia retida foram contrastados com aqueles de ganho de peso de corpo vazio, conforme a equação:

$$RE_L \text{ (Mcal/dia)} = 0,0623 (\pm 0,0023) \times PCVZ^{0,75} \times GPCVZ^{1,0356 (\pm 0,1607)}$$

Não foi observado efeito de grupo genético ($P > 0,05$) sobre os coeficientes do modelo descrito acima, mais uma vez evidenciando a semelhança de requerimentos de energia líquida entre os animais Nelores e seus cruzados

avaliados. O BR-CORTE (2006), trabalhando com animais zebuínos puros, e Chizzotti et al. (2008), trabalhando com animais zebuínos puros e cruzados, observaram interceptos para animais machos castrados bastante semelhantes aos deste trabalho (0,0608 e 0,0700, respectivamente). No entanto, os valores dos expoentes do GPCVZ foram maiores (1,0996 e 1,070, respectivamente), assim como aquele apresentado pelo NRC (2000) de 1,0970, indicando requerimentos de energia líquida ligeiramente maiores nesses trabalhos, confirmando os dados apresentados (Tabela 3).

Freitas et al. (2006), avaliando as exigências de animais Nelore, Nelore-Angus, Nelore-Simental e Nelore-Pardo-Suíço não observaram diferenças entre os grupos genéticos para energia líquida. Chizzotti et al. (2008), assim como no presente trabalho, não encontraram efeito de grupo genético sobre os requerimentos de energia líquida para bovinos em terminação.

O National Research Council (NRC, 2000) sugere que se faça a correção do peso dos animais para um mesmo conteúdo de gordura corporal antes de proceder às análises de energia retida em função do ganho de peso de corpo vazio. Tedeschi et al. (2002) sugerem que esse valor seja corrigido para um teor de 22% de extrato etéreo no corpo dos animais. De acordo com os dados obtidos nesse experimento, os pesos de corpo vazio referência para os grupos genéticos estudados ao nível de 22% de gordura seriam de 435, 480 e 495 kg para Nelore, Nelore-Angus e Nelore-Simental, respectivamente. Para a correção dos pesos corporais para um mesmo peso equivalente utilizou-se a equação sugerida pelo NRC (2000):

$$PCVZ_{\text{aj}} = \frac{PCVZ \times PCVZ_{\text{ref}}}{PCVZ_{22\%EE}}$$

Onde $PCVZ_{eq}$ é o peso de corpo vazio equivalente; $PCVZ_{ref}$ é o peso referência utilizado para todos animais em que o $PCVZ_{eq}$ teria 22% de EE; e $PCVZ_{22\%EE}$ é o PCVZ com 22% de extrato etéreo dos diferentes grupos genéticos (435 kg para Nelore, 480 para Nelore-Angus e 495 para Nelore-Simental).

O peso de corpo vazio referência utilizado pelo NRC (2000) é de 478 kg, entretanto, como os animais desse trabalho continham um grau de sangue predominante de zebuínos, foi adotado o $PCVZ_{ref}$ de 450 kg, que é considerado o peso de uma vaca Nelore adulta.

Quando foi feita a correção do peso dos animais para o mesmo teor de gordura no corpo vazio, observou-se mais uma vez que não houve efeito dos grupos genéticos sobre as exigências líquidas de energia, ficando a equação apresentada abaixo:

$$EL_g \text{ (Mcal/dia)} = 0,0644 (\pm 0.003) \times PCVZ_{eq}^{0,75} \times GPCVZ^{1,0467 (\pm 0.189)}$$

Onde EL_g são o requerimentos de energia líquida para ganho, $PCVZ_{eq}$ é o peso de corpo vazio equivalente e $GPCVZ$ é o ganho de peso de corpo vazio.

Observa-se que o expoente do $GPCVZ$ ficou mais próximo dos dados encontrados na literatura, sugerindo que a correção do PCVZ para um mesmo peso a 22% de gordura é importante e deve ser utilizada.

Apesar dos modelos do NRC (2000) resultarem em requerimentos de energia líquida maiores que os deste experimento, os dados da literatura demonstram uma proximidade grande entre as exigências de animais *Bos taurus*, *Bos indicus*, e seus cruzados. Todavia parece não haver experimentos que contenham avaliações de animais puros *Bos taurus* e *Bos indicus* para que se comprove essa hipótese. Em relação aos animais cruzados, os dados deste

trabalho, somados às observações encontradas na literatura (Chizzotti et al., 2008; Freitas et al., 2006), sugerem que a heterose não tem influência significativa nos requerimentos líquidos de energia.

De acordo com Dawson & Steen (1998), o requerimento de energia metabolizável para manutenção pode ser definido como o consumo de energia metabolizável quando a energia retida é igual a zero.

Os modelos desenvolvidos para cada grupo genético apresentaram exigências de energia metabolizável para manutenção (EM_m) de 100,76; 82,15 e 93,66 kcal/PCVZ^{0,75}/dia para animais Nelore, Nelore-Angus e Nelore-Simental, respectivamente (Figura 1). Contudo, o teste de identidade de modelos não verificou diferenças significativas entre os mesmos ($P > 0,05$).

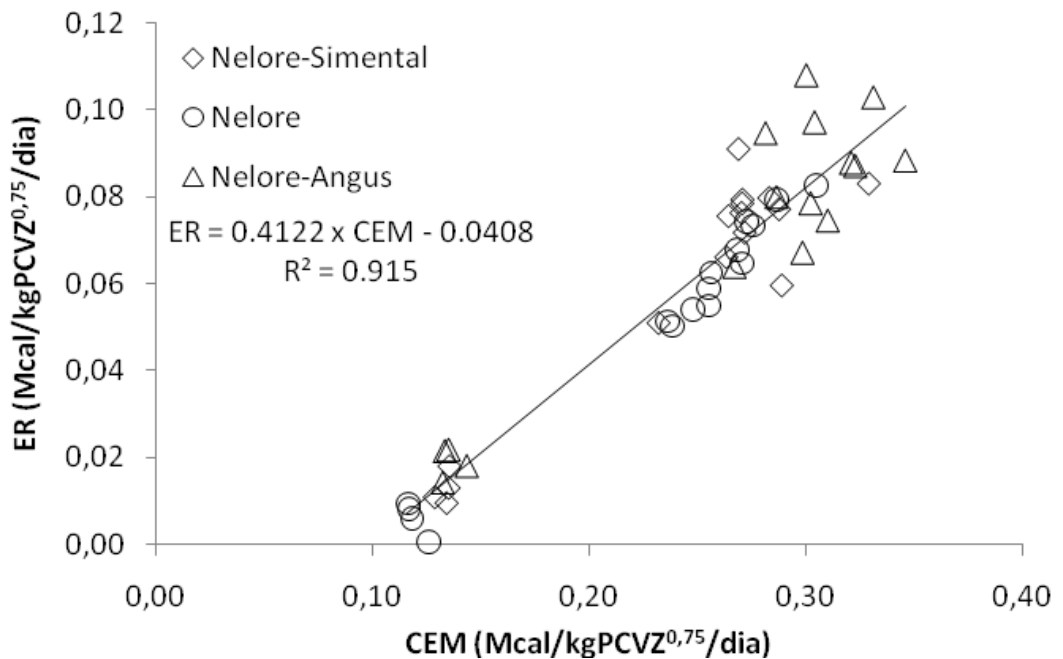


Figura 1 - Relação entre a energia retida e consumo de energia metabolizável de zebuínos puros e cruzados

De acordo com essa equação, os requerimentos diários de energia metabolizável para manutenção dos animais são de 98,97 kcal/PCVZ^{0,75}. Esse valor está abaixo da maioria dos dados encontrados na literatura, como os de Chizzotti et al. (2008) de 112,0 kcal/PCVZ^{0,75}, e o valor do BR-CORTE (2006) de 108,39 kcal/PCVZ^{0,75}. Entretanto, é similar ao encontrado por Freitas et al. (2006) de 97,71 kcal/PCVZ^{0,75}, que fez um estudo semelhante ao deste trabalho, mas com um grupo racial a mais (Nelore-Pardo-Suíço).

A inclinação do mesmo modelo gerado acima fornece a eficiência do uso da energia metabolizável para ganho de peso (kg), que foi de 41,22% neste experimento. Os valores de eficiência para cada grupo genético foram de 41,43; 38,53 e 40,37% para Nelore, Nelore-Angus e Nelore-Simental, respectivamente. Entretanto, os mesmos não diferiram entre si pelo teste de identidade de modelos, sendo sugerido o valor médio de eficiência para os três grupos raciais.

Paulino (2006) encontrou um valor médio de kg de 45%, trabalhando com animais Nelore de três classes sexuais e Tedeschi et al. (2002) encontraram valores de 45,9 e 49,7% para machos Nelore inteiros e castrados, respectivamente. Esses valores são superiores aos deste trabalho, no entanto, Freitas et al. (2006) encontraram uma eficiência de 40,78%, trabalhando em condições semelhantes.

Esses dados sugerem uma maior eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de animais Nelore em relação aos dados de cruzados. Porém, o BR-CORTE (2006) divide a eficiência de uso da energia metabolizável para ganho de acordo com a dieta recebida pelos animais. Segundo os autores, o

k_g seria de 35% para animais recebendo menos de 50% de concentrado e de 47% para animais alimentados com dietas de alto valor energético.

Marcondes et al. (2009) fizeram a avaliação de desempenho e consumo deste experimento e não encontraram diferença de eficiência de ganho de peso em relação ao consumo de material seca desses animais. De acordo com os autores, níveis subclínicos de acidose podem ter interferido para a limitação de consumo dos animais com maior nível de concentrado, interferindo, também, na seletividade dos mesmos, limitando seu consumo de nutrientes.

Tedeschi et al. (2004) e Chizzotti et al. (2008) propuseram modelos para estimar o k_g em função da retenção de energia na forma de proteína. De acordo com os modelos, quanto maior a participação da energia vinda da proteína no ganho, menor a eficiência de ganho dos animais. A partir das equações obtiveram-se eficiências de 52,26 e 65,22%, respectivamente, valores esses maiores que a eficiência média encontrada neste trabalho (41,22%). Assim, apesar dos modelos sugerirem um comportamento biológico esperado, é possível que os mesmos tenham ainda que passar por processos de avaliação e reparametrização para que possam ser aplicáveis em condições práticas.

Existem outros métodos para estimar os requerimentos de energia para manutenção. Atualmente o método mais aceito é aquele que relaciona a produção de calor (PC) e o consumo de energia metabolizável de forma exponencial. Nesse modelo, o intercepto da equação seria o requerimento de energia líquida para manutenção e o ponto em que a produção de calor e o consumo de energia metabolizável são iguais representa o requerimento de energia metabolizável para manutenção.

Foram estimadas essas equações para cada grupo genético:

$$\text{Nelore-Simental: PC (Mcal/PCVZ}^{0,75}\text{/dia) = 0,0738 (\pm 0,0048) e}^{3,6339 (\pm 0,2426) \times \text{CEM}}$$

$$\text{Nelore: PC (Mcal/PCVZ}^{0,75}\text{/dia) = 0,0753 (\pm 0,0049) e}^{3,6581 (\pm 0,2514) \times \text{CEM}}$$

$$\text{Nelore-Angus: PC (Mcal/PCVZ}^{0,75}\text{/dia) = 0,0716 (\pm 0,0045) e}^{3,6584 (\pm 0,2099) \times \text{CEM}}$$

Onde PC é a produção de calor e CEM é o consumo de energia metabolizável (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia)

A partir das equações acima obtiveram-se requerimentos diários de energia líquida de 73,8; 75,3 e 71,6 kcal/PCVZ^{0,75} para animais Nelore-Simental, Nelore e Nelore-Angus, respectivamente. O teste de identidade de modelos não identificou efeito de grupo genético sobre os requerimentos de energia líquida. Dessa forma, foi formulada uma equação conjunta para todos os grupos raciais (Figura 2):

$$\text{PC (Mcal/PCVZ}^{0,75}\text{/dia) = 0,0758 (\pm 0,0027) e}^{3,5299 (\pm 0,1301) \times \text{CEM}}$$

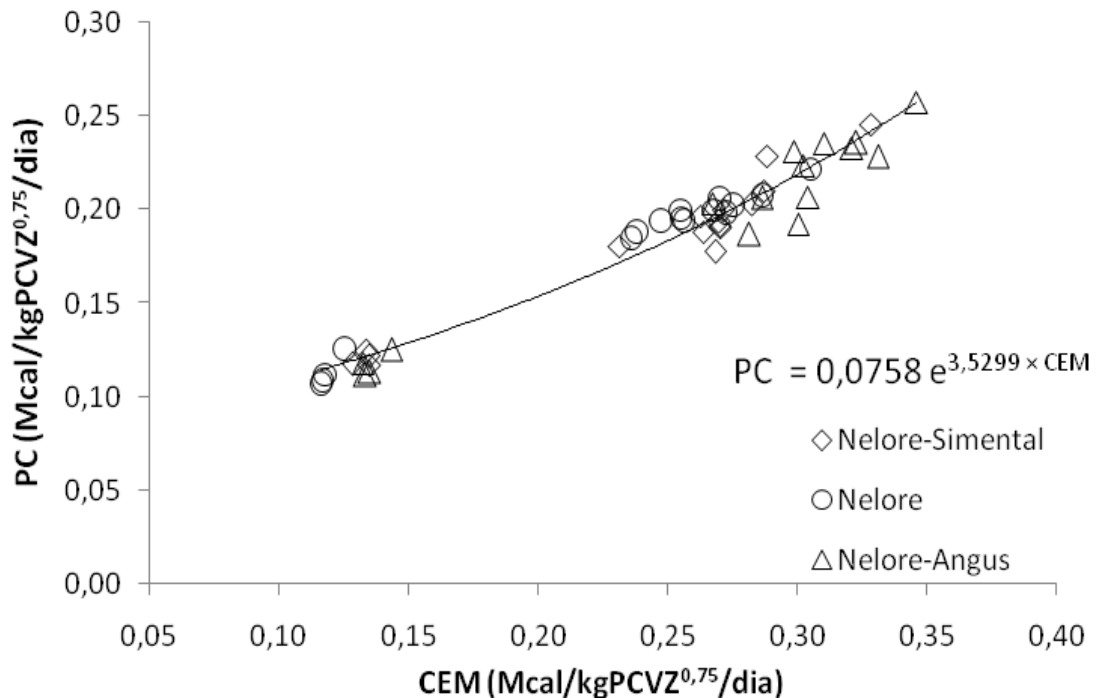


Figura 2 - Relação entre a produção de calor e consumo de energia metabolizável para os animais de três grupos genéticos

O requerimento médio de energia líquida para manutenção foi de 75,8 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. O NRC (2000) preconiza um valor de 77 kcal/PCVZ^{0,75} como requerimento de energia líquida para manutenção, e cita que animais zebuínos teriam cerca de 10% a menos de exigências, ou seja, 70 kcal/kgPCVZ^{0,75}. Percebe-se que o valor 75,8 kcal/PCVZ^{0,75} está coerente com o proposto pelo NRC (2000), considerando que existia uma maioria de animais com sangue taurino e que o requerimento de manutenção ficou mais próximo ao valor 77 kcal/PCVZ^{0,75}.

Chizzotti et al. (2008), também avaliando animais zebuínos puros e cruzados, encontraram um valor quase idêntico ao deste trabalho, de 75,0 kcal/kgPCVZ^{0,75}. Já no BR-CORTE (2006) e Freitas et al. (2006), estudando animais zebuínos puros e cruzados, respectivamente, encontraram valores um pouco maiores de 78,9 e 79,0 kcal/PCVZ^{0,75}, respectivamente.

Pelo método interativo estimaram-se os requerimentos de energia metabolizável para manutenção no ponto em que a produção de calor se igualou ao consumo de energia metabolizável. Os valores de EM_m para animais Nelore-Simental, Nelore e Nelore-Angus foram de 110,09; 114,45 e 105,11 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia, respectivamente.

Como não foi encontrada diferença significativa entre esses valores (P>0,05), obteve-se uma estimativa conjunta de 112,82 kcal/kgPCVZ^{0,75}/dia para o presente experimento. Assim como para a energia líquida, esse valor está dentro daquele encontrado na literatura em relação a animais zebuínos puros e cruzados (Tedeschi et al., 2002; BR-CORTE, 2006; Freitas et al. 2006; Chizzotti et al., 2008).

Conhecendo os valores de energia líquida e metabolizável para manutenção, obtém-se a eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k_m). Os valores de eficiência obtidos para animais Nelore-Simental, Nelore e Nelore-Angus foram de 66,65; 65,79 e 68,12%. No entanto, como não houve diferença significativa entre esses valores, sugere-se adotar um valor conjunto de 67,19% para esses três grupos raciais.

Freitas et al. (2006) e Chizzotti et al. (2008) também encontraram valores de 67% de eficiência em seus estudos com animais zebuínos e seus cruzados. Ferrell & Jenkins (1998), avaliando animais taurinos e seus cruzados sugeriram eficiências entre 65 e 69%, que também estão de acordo com esse trabalho. Utilizando o mesmo processo iterativo, os valores de k_m sugeridos pelo NRC (2000) e BR-CORTE (2006) de 65 e 63%, respectivamente.

Embora a maioria dos trabalhos tenha sugerido que a eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção seja constante e que fique na faixa sugerida por Ferrell & Jenkins (1998), existem outros autores que sugerem uma eficiência dependente da dieta ofertada e/ou do grau de maturidade do animal.

Garret (1983) dá suporte à idéia de que com maiores níveis de concentrado o animal teria uma maior produção de propionato, com conseqüente diminuição na produção de acetato, proporcionando uma maior eficiência de uso da energia metabolizável. De acordo com o autor, esse aumento na eficiência é relevante tanto na eficiência de ganho como de manutenção, sendo mais pronunciada para a eficiência de ganho, e utilizou um trabalho desenvolvido por Blaxter & Wainman (1964) para dar suporte à sua hipótese, onde foram

observados aumentos no k_m e no k_g quando a porcentagem de milho da dieta aumentou.

Dividindo-se os animais deste experimento de acordo com a dieta recebida (1 ou 2% do PV em oferta de concentrado), e procedendo os mesmos processos descritos anteriormente para estimação dos requerimentos de energia líquida e metabolizável para manutenção, obtêm-se eficiências de 67,3 e 67,2% para animais recebendo 1 ou 2% do PV em concentrado.

Como os animais em manutenção foram utilizados para o cálculo das eficiências das duas dietas, não foi possível testar o efeito de tratamento sobre a eficiência de uso da energia metabolizável para ganho. Entretanto, mesmo sem a análise estatística, é possível afirmar que esses não corroboram com as propostas de Garrett & Johnson (1983), onde a dieta influenciaria o k_m .

Apesar de dividir a eficiência de ganho (k_g) de acordo com a dieta ofertada aos animais, o BR-CORTE (2006) assim como outros sistemas de requerimentos nutricionais, considera um valor fixo de k_m , o que leva a crer que se realmente há algum fator influenciando fortemente o k_m , o mesmo ainda não foi detectado e modelado.

Uma terceira forma de estimar os requerimentos de energia metabolizável para manutenção seria avaliar o consumo em função da variação de proteína e gordura no corpo de cada animal. Mais uma vez não foram encontrados efeitos de grupo genético sobre nenhum dos coeficientes do modelo proposto, dessa forma, foi obtida uma equação conjunta:

$$\text{CEM (Mcal/kgPCVZ}^{0,75}\text{/dia)} = 0,154 (\pm 0,019) + 3,744 (\pm 1,105) \times \Delta_{\text{prot}} + 1,3258 (\pm 0,213) \times \Delta_{\text{gord}}$$

Onde CEM é o consumo de energia metabolizável, Δ_{prot} é a variação de energia na forma de proteína (Mcal/PCVZ^{0,75}/dia) e Δ_{gord} é a variação de energia na forma de gordura (ou extrato etéreo).

O intercepto desse modelo representa o requerimento de energia metabolizável para manutenção (154,0 kcal/PCVZ^{0,75}/dia). Existem controvérsias quanto ao uso desse modelo para estimar a EM_m, pois o mesmo não utiliza animais em manutenção para estimar os parâmetros. Portanto, a partir desse modelo, a EM_m fica sempre superestimada.

Contudo, os métodos tradicionais também são questionados a partir do momento que a adaptação do animal à condição de manutenção faz com que o animal possa ter seus requerimentos diminuídos por redução de tamanho dos órgãos e vísceras. Essa redução causa uma consequente diminuição da produção de calor do animal, já que eles são os maiores responsáveis pelo metabolismo do animal, ou seja, pela produção de calor, que é utilizada para estimar os requerimentos líquidos e metabolizáveis de manutenção.

O inverso dos coeficientes da equação acima citada mostra a eficiência dos animais de conversão de proteína e gordura em energia (k_{prot} e k_{gord}). A eficiência de proteína (k_{prot}) para fornecimento de energia foi de 26,71% (1/3,744) e a eficiência de gordura (k_{gord}) foi de 75,43% (1/1,3258).

Paulino (2006) encontrou valores de 22,88 e 66,67%; para Chizzotti et al. (2008) eles foram de 34 e 79%; para Owens et al. (1995) de 47 e 79%; para Valadares Filho et al. (2005) de 25 e 75%; e para Geay (1984) 20 e 75%, para k_{prot} e k_{gord} , respectivamente. Observa-se que há uma grande variação na eficiência parcial de uso da proteína, mas não da gordura. Segundo Chizzotti et

al. (2008), essa variação no k_{prot} ocorre porque sua utilização depende muito do estado fisiológico do animal, status nutricional e renovação protéica dos tecidos.

CONCLUSÕES

Há efeito do teor de concentrado da dieta sobre a relação peso vivo x peso de corpo vazio, assim como para a relação ganho de peso corporal x ganho de peso de corpo vazio. O grupo genético influencia apenas a relação entre os diferentes ganhos de peso. O requerimento de energia líquida para manutenção de animais Nelore, Nelore-Angus ou Nelore-Simental é de 75,8 kcal/PCVZ^{0,75} e o requerimento de energia metabolizável é de 112,82 kcal/PCVZ^{0,75}. As eficiências de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção são de 41,22 e 67,19%, respectivamente, e as eficiências de deposição da energia na forma de proteína e gordura são de 26,71 e 75,43%, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Agricultural and food research council. CAB International. Wallingford. 1993. 176p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980.
- BAKER, J. F.; LONG, C. R.; POSADA, G. A., et al. Comparisson of cattle of a five-breed diallel: size, growth, condition and pubertal characters of second-generation heifers. **Journal Animal Science**, v.67, n.5, p.1218-1229, 1989.
- BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. **Journal of Agriculture Science**, v.63, p.113. 1964
- BULLE, M. L. M.; RIBEIRO, F. G.; LEME, P. R., et al. Desempenho de tourinhos cruzados em dietas de altos teor de concentrado com bagaço de cana-de-

- açúcar como único volumoso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.444-450, 2002.
- CHIZZOTTI, M.L.; TEDESCHI, L.O.; VALDARES FILHO, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore Cattle. **Journal of Animal Science**. v.86, n.7, p.1588-1597, 2008
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANAZATION – CSIRO. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants**. CSIRO Publishing. Collingwood. 2007. 296p.
- CRUZ, G.M.; RODRIGUES, A.A.; TULLIO, R.R. et al Desempenho de bezerros da raça Nelore e cruzados desmamados recebendo concentrado em pastagem adubada de *Cynodon dactylon* cv. Coastcross. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.1, p.139-148, 2009
- DAWSON, L.E.R.; STEEN, R.W.J. Estimation of maintenance energy requirements of beef cattle and sheep. **Journal of Agriculture Science**. v.131, p.477-485, 1998
- 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.2, p.647-657
- FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável em bovinos Nelore puros e cruzados submetidos a quatro níveis de concentrado na ração. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.894-901, 2006
- FULLER, W.A. **Measurement error models**. John Wiley and Sons, New York. 1987.
- GARRETT, W.N., JOHNSON, D.E. Nutrition Energetics of ruminants. **Journal of Animal Science**. v.57, n.2, p. 478-497. 1983
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des bovins, ovins et caprins**. In: JARRIGE, R. (ed); Quae, Paris, 2007. 330p.
- LEME, P.R.; BOIN, C.; MARGARIDO, R.C.C. et al. Desempenho em Confinamento e Características de Carcaça de Bovinos Machos de Diferentes Cruzamentos Abatidos em Três Faixas de Peso. **Rev. bras. zootec.**, v. 29, n.6, p.2347-2353, 2000 (Suplemento 2)
- MARCONDES, M.I.; Valadares Filho, S.C.; Oliveira, I.M. et al. Consumo, Desempenho e Eficiência Alimentar de Bovinos Puros e Cruzados Recebendo Alto ou Baixo Nível de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. (Aceito em 2009, em fase de correção)
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- PAULINO, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa:

- Universidade Federal de Viçosa, 2006. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. **Revista Ceres**, v. 46, n. 266, p. 383-409, 1999.
- REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Tests para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente causalizado. **Rev. Mat. Estat.** v.22, n.3, p.33-45, 2004
- SAINZ, R.D.; BARIONI, L.G.; PAULINO, P.V.R. et al. Growth patterns of Nellore vs. British beef cattle breeds assessed using dynamic, mechanistic model of cattle growth and composition. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A. et al. (eds). **Nutrient digestion and utilization in farm animals: modeling approaches**. Wageningen: CABI publishing, 2006. 480p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G. et al. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.6, p.1671-1682, 2002
- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; GUIROY, P.J. A decision support system to improve individual cattle management. 1 .A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agricultural Systems**. v.79, p.171-204. 2004
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. ed: 1.ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.261-287.

Requerimentos de proteína de animais Nelore puros e cruzados com as raças Angus e Simental

Resumo: o trabalho objetivou estimar os requerimentos de proteína de animais Nelore, Nelore-Angus e Nelore-Simental, assim como a eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho. Foram utilizados 69 animais (23 Nelore, 23 Nelore-Angus e 23 Nelore-Simental), sendo 12 animais (4 de cada grupo genético) abatidos antes do início do experimento, como grupo referência, e 9 animais separados para a realização de um ensaio de digestibilidade. Os animais restantes foram divididos em três dietas (ofertas de concentrado na base de 1 ou 2% do peso corporal à vontade e 1% ao nível de manutenção). Ao final do experimento todos animais foram abatidos e a composição corporal e peso de corpo vazio (PCVZ) determinados. O consumo de proteína metabolizável (CP_{met}) foi estimado pela proteína microbiana verdadeira digestível média somado à proteína não degradada no rúmen digestível. Os requerimentos líquidos de proteína para ganho foram estimados pela proteína retida (PR) em função do ganho de PCVZ (GPCVZ) e da energia retida. As exigências de proteína metabolizável para manutenção foram estimadas pelo CP_{met} em função do GMD e as exigências líquidas para manutenção pela PR em função do CP_{met} . Não há efeito de grupo genético sobre requerimentos líquidos de proteína para ganho e sugere-se utilizar o modelo $PR = GPCVZ \times (238,5 - 16,73 \times (ER/GPCVZ))$ para estimá-los. Não há efeito de grupo genético sobre as exigências líquidas e metabolizáveis de proteína para manutenção, sendo esse valores de $1,72 \text{ g/PCVZ}^{0,75}$ e $3,09 \text{ g/PC}^{0,75}$, respectivamente. Também não há efeito de grupo genético na energia retida na forma de proteína, assim como na eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho, sendo essa de 37,5%.

Protein Requirements of Nellore purebred and crossbred with Angus and Simmental

Abstract: this work aimed estimate protein requirements of Nellore, Nellore-Angus and Nellore Simmental cattle, as well as efficiency of metabolizable protein for gain. Sixty nine animals (23 Nellore, 23 Nellore-Angus and 23 Nellore-Simmental) were used, being 12 animals (4 in each genetic group) slaughtered before the beginning of the experiment as the baseline group, and nine were split of the rest of the animal to perform a digestibility trial. The remaining animals were divided in three diets (concentrate offer of 1 or 2% of body weight and maintenance). At the end of the experiment all these animals were slaughtered and its corporal composition and empty body weight (EBW) determined. The metabolizable protein intake (MPI) was estimated by the mean digestible microbial protein summed to digestible rumen undegradable protein. The net protein requirements were estimate as retained protein as a retained energy (RE) and empty body gain (EBG). The requirements of metabolizable protein for maintenance were estimated as the MPI as function of average daily gain and the net requirements for maintenance as retained protein (RP) as a function of MPI. There weren't effects of genetic group in net protein requirements for gain and it's suggested the model $RP = EBW \times (238.5 - 16.73 \times (RE/EBG))$ to estimate them. There weren't found any genetic group effect on net and metabolizable protein requirement for maintenance, and its obtained values were $1.72 \text{ g/EBW}^{0.75}$ and $3.09 \text{ g/BW}^{0.75}$, respectively. Also, there weren't genetic group effects on retained energy as protein, as well as in metabolizable protein efficiency for gain, being this efficiency of 37.5%.

INTRODUÇÃO

O suprimento de proteína bruta nas dietas é um dos fatores mais onerantes na criação de bovinos no Brasil. Apesar da grande quantidade de fontes disponíveis, muitas delas têm seu uso reduzido devido à sazonalidade e alto custo. Por isso, a determinação correta do requerimento diário de proteína dos animais aqui criados torna-se de extrema importância para evitar um fornecimento acima ou abaixo do exigido pelos animais.

Atualmente, o sistema mais utilizado para estimar as exigências de proteína para animais de corte no Brasil é o NRC (1996), sistema americano que tem como base a utilização de animais de raças taurinas. Entretanto, a raça Nelore é a mais utilizada no país e, além de sua larga emancipação, é, também, bastante utilizada para cruzamentos industriais com raças européias como Angus, Simental, Limousin, entre outras. Esse tipo de cruzamento permite a utilização de animais com alto potencial de desempenho e uma resistência ao clima e parasitas maior que raças européias puras, quando criadas em ambientes tropicais.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou comparar e estimar os requerimentos líquidos de proteína e os de proteína metabolizável de animais Nelore, Nelore-Angus e Nelore-Simental, assim como a eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório Animal da Universidade Federal de Viçosa e o experimento conduzido durante o período de maio a setembro de 2007. Foram utilizados 69 bovinos castrados de 18 meses, sendo 23 destes Nelore com média de $306,6 \pm 27,0$ kg, 23 F₁ Nelore-Angus (média de $363,8 \pm 32,8$ kg) e 23 F₁ Nelore-Simental (média de $367,2 \pm 27,2$ kg).

Do total de animais, 12 animais (4 de cada grupo genético) foram designados como grupo referência, sendo abatidos após o período de adaptação, 12 como grupo manutenção e 9 (3 de cada grupo genético) foram destinados a um ensaio de digestibilidade.

Os animais não pertencentes ao grupo referência foram divididos em três dietas (1 ou 2% do peso corporal em oferta de concentrado e grupo manutenção com oferta de 1%) de forma inteiramente casualizada em esquema fatorial 3 x 3 (três dietas e três grupos genéticos) com seis repetições para os animais alimentados à vontade e quatro para os manutenção.

Após um período de adaptação de 30 dias, onde todos os animais receberam uma dieta composta por 55% de volumoso (silagem de milho) e 45% de concentrado à base de milho, farelo de soja, caroço de algodão, casca de soja, uréia e minerais (12,5%PB), o grupo referência foi abatido e determinado o peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais.

Após o abate do grupo referência, aqueles animais que foram designados a receber 2% do peso corporal em concentrado passaram uma semana recebendo 1,5% do peso corporal (PC) em concentrado e mais uma semana

recebendo 2% do PC em concentrado para adaptação à dieta. Os animais que foram designados a receber 1% do PC em concentrado iniciaram com sua dieta imediatamente após o abate do grupo referência.

Os animais em manutenção também iniciaram seu tratamento após o abate do grupo referência. Esses animais foram ofertados com 1,1% do peso corporal (PC) em matéria seca, sendo alimentados com a mesma dieta fornecida aos animais que receberam 1% do PC em concentrado, o que representou 40% da dieta em concentrado, na base da matéria seca.

Ao término dessa segunda semana, todos animais foram pesados para início do primeiro período experimental. Esse período de adaptação à dieta foi chamado de segunda adaptação.

Os animais foram mantidos em baias individuais, com piso de concreto, providas de comedouro e bebedouro de concreto, com área total de 30 m², dos quais 8 m² de área coberta com telhas de amianto. As rações foram formuladas para que as dietas fossem isoprotéicas (12,5%), sendo os consumos estimados segundo Valadares Filho et al. (2006) e as exigências de macro e microminerais ajustadas de acordo com o NRC (1996).

Os concentrados foram formulados para que a mesma ração fosse ofertada para ambos tratamentos, mudando apenas a relação milho e uréia/sulfato de amônia, assim mantendo as dietas isoprotéicas. O volumoso foi constituído de silagem de milho e os concentrados formulados à base de milho moído fino, farelo de soja, caroço de algodão, casca de soja, uréia/sulfato de amônio, bicarbonato de sódio, óxido de magnésio, sal comum e mistura mineral.

Todas as dietas foram formuladas para conter um mínimo de 20% de fibra em detergente neutro.

Ao longo do experimento, a relação média volumoso:concentrado foi de 58,70:41,30 e 24,84:75,16 para as ofertas de 1 e 2% do PC, respectivamente. A composição química dos alimentos utilizados na elaboração das dietas é apresentada na Tabela 1, e a proporção dos ingredientes no concentrado e nas dietas e sua composição média são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados na ração experimental

Item	Caroço de Algodão	Casca de Soja	Farelo de Soja	Milho	Silagem de Milho	Mistura Mineral
Matéria Seca ¹	91,18	88,68	88,61	88,38	28,95	-
Matéria Orgânica ¹	96,91	96,19	94,04	98,97	93,32	-
Proteína Bruta (PB) ¹	23,92	11,85	49,46	8,91	7,13	-
Proteína Insolúvel em Detergente Neutro/PB ²	12,79	40,10	11,68	29,72	19,55	-
Extrato Etéreo ¹	15,75	1,05	1,48	3,36	2,44	-
Fibra em Detergente Neutro (FDN) ¹	49,63	67,43	17,58	21,95	52,48	-
FDN isenta de cinzas e proteína ¹	45,68	61,68	11,17	18,78	49,13	-
Carboidratos Não Fibrosos ¹	11,56	21,62	31,93	67,92	34,62	-
FDN indigestível ¹	20,47	6,32	2,60	3,07	19,60	-
FDA indigestível ¹	16,27	3,22	1,04	1,14	10,61	-
Fósforo ¹	0,94	0,20	1,02	0,50	0,36	15,57
Cálcio ¹	0,31	0,81	0,56	0,25	0,36	31,54
Magnésio ¹	0,29	0,27	0,35	0,11	0,11	0,66
Sódio ¹	0,16	0,17	0,11	0,11	0,14	0,23
Potássio ¹	1,17	1,31	2,13	0,47	1,28	0,40

¹ % na MS; ² % da PB.

O experimento teve uma duração total de 131 dias, sendo 30 dias de adaptação às condições experimentais, 14 dias de adaptação à dieta (2ª adaptação), três períodos de 28 dias, mais 3 dias para o abate dos animais. Após a 2ª adaptação foi feita a avaliação do ganho de peso dos animais por um período de 74 dias, sendo duas pesagens intermediárias (ao final de 28 e 56 dias) realizadas para monitoramento do desempenho dos mesmos.

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes nos concentrados e nas dietas e composição dos concentrados e dietas obtidas na base da matéria seca

Ingrediente	1%		2%	
	Concentrado	Dieta	Concentrado	Dieta
	Proporção			
Silagem de Milho		58,70		24,84
Caroço de Algodão	12,28	5,07	12,07	9,07
Casca de Soja	26,93	11,12	26,66	20,04
Uréia	3,17	1,31	1,06	0,80
Sulfato de Amônio	0,35	0,14	0,21	0,16
Milho	52,43	21,65	55,07	41,39
Farelo de Soja	2,02	0,84	2,09	1,57
Mistura Mineral ¹	0,69	0,29	0,70	0,52
Sal	0,69	0,29	0,70	0,52
Cloreto de Potássio	0,35	0,14	0,35	0,26
Óxido de Magnésio	0,32	0,13	0,32	0,24
Bicarbonato de Sódio	0,63	0,26	0,64	0,48
Calcário	0,14	0,06	0,14	0,11
	Composição Nutricional			
Matéria seca	-	53,97	-	74,29
Matéria Orgânica	95,72	94,31	95,70	95,11
Proteína Bruta	20,69	12,73	14,96	13,02
Extrato Etéreo	4,01	3,09	4,06	3,66
Fibra em Detergente Neutro isenta de cinzas e proteína	41,18	45,84	35,51	38,89
Carboidratos Não Fibrosos	52,39	41,96	48,21	44,83
Nutrientes Digestível Totais	-	70,50	-	70,27
Energia Digestível	-	3,11	-	3,10
Energia Metabolizável	-	2,54	-	2,54
Fósforo	0,56	0,44	0,57	0,52
Cálcio	0,67	0,49	0,67	0,59
Magnésio	0,35	0,21	0,36	0,30
Sódio	0,55	0,31	0,55	0,45
Potássio	0,95	1,14	0,96	1,04

¹Composição: Ca - 24,0%; P - 17,4%; Co - 100,0 ppm; Cu - 1.250,0 ppm; Fe - 1.795,0 ppm; Mn - 2.000,0 ppm; Se - 15,0 ppm; Zn - 5.270,0 ppm; I - 90,0 ppm.

Ao término do período de avaliação do desempenho, iniciou-se o abate dos animais, sendo abatidos seis animais por dia (um de cada raça e nível de concentrado) com intervalo de um dia para dissecação das carcaças entre cada abate.

Os alimentos foram fornecidos duas vezes ao dia e ajustados de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% do fornecido, com água permanentemente à disposição dos animais. Como a quantidade fornecida de concentrado foi fixa, apenas a quantidade de volumoso foi ajustada diariamente, sendo que, para evitar problemas de acidose aguda, foi fixado um mínimo de 5 kg de matéria natural de silagem por dia.

Como o caroço de algodão e a casca de soja possuem uma densidade diferente dos outros ingredientes do concentrado, todos os dias estes foram pesados e adicionados à mistura contendo os outros ingredientes. No primeiro período, a oferta de concentrado foi corrigida semanalmente com base no desempenho dos animais na 2ª adaptação, e no segundo e terceiro períodos esse ajuste foi feito, também semanalmente, com base no desempenho dos períodos anteriores.

A dieta oferecida foi registrada diariamente, assim como foram coletadas amostras da silagem de milho, caroço de algodão, casca de soja e das sobras de cada animal. O milho, o farelo de soja e a mistura mineral foram amostrados diretamente dos silos da fábrica de ração da Universidade nos dias das misturas dos mesmos.

As amostras de sobras e alimentos fornecidos foram agrupadas em amostras compostas semanais, proporcionais à matéria pré-seca, e foi determinada a matéria seca de todas essas compostas para obtenção do consumo de matéria seca. A partir das amostras compostas semanais foi elaborada uma amostra composta por cada período de 28 dias, também

proporcional à matéria pré-seca dos materiais. Nas amostras compostas de cada período foi determinada toda sua composição química.

A descrição detalhada das análises química é apresentada por Marcondes et al. (2009a). Também é descrito nesse trabalho o ensaio que determinou as digestibilidades dos nutrientes e o consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT).

As amostras coletadas foram pré-secas em estufa ventilada a 65°C por 72h e moídas em moinho com peneira de malha de 1 mm por 10 minutos, sendo o remanescente do moinho adicionado à amostra moída.

Marcondes et al. (2009c) descreveram como foi determinada a eficiência microbiana, estimada utilizando os derivados de purinas na urina, sendo adotado o valor médio de 120,36 g P_{mic} /kgNDT, obtido para os animais deste experimento, não havendo efeitos de grupo genético ou dieta.

O consumo de proteína metabolizável foi calculado como o de proteína microbiana verdadeira digestível mais a proteína não degradável no rúmen digestível. A proteína microbiana foi calculada a partir do consumo de NDT, sendo sua fração verdadeira adotada como 80% e sua digestibilidade também adotada como 80% (NRC, 2001). O consumo de proteína não degradada no rúmen foi estimado como o consumo de proteína bruta menos a produção de proteína microbiana, e sua digestibilidade considerada como 80%.

Ao término do período de avaliação do desempenho, iniciou-se o abate dos animais, sendo abatidos seis animais por dia (um de cada raça e nível de concentrado) com um intervalo de um dia para dissecação das carcaças entre cada abate.

Antes dos abates, os animais foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas. O abate foi realizado via insensibilização e secção da jugular para sangramento total, seguido de lavagem do aparelho gastrointestinal (rúmen, retículo, omaso, abomaso e intestinos delgado e grosso).

Os pesos do coração, pulmões, fígado, baço, rins, gordura interna, carne industrial, mesentério, cauda e aparas, juntamente com os do trato gastrointestinal lavado, foram somados aos das demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, pés e sangue) para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ).

A relação média obtida entre o PCVZ e o peso corporal do grupo referência foi utilizada para a estimativa do PCVZ inicial dos animais que permaneceram em alimentação. Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meia carcaças, as quais foram pesadas para determinação do rendimento de carcaça quente e, em seguida, resfriadas em câmara a 4°C, durante 18 horas. Decorrido este tempo, as meia carcaças foram retiradas da câmara fria e pesadas para determinação do rendimento de carcaça fria.

Todas as meias-carcaças direitas foram dissecadas em ossos, gordura e músculo, sendo que músculo e gordura foram moídos separados e posteriormente feita uma amostra composta proporcional à sua presença na carcaça. Já os ossos foram separados em ossos longos, vértebras e costelas, amostrados e serrados, sendo feita uma composta de ossos da carcaça, também proporcional ao seu peso na carcaça.

O rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmão, língua, baço, carne industrial e aparas (esôfago, traquéia e aparelho reprodutor), foram triturados em

um *cutter* industrial por 20 minutos, constituindo uma amostra composta de vísceras e órgãos.

As amostras de sangue foram coletadas imediatamente após o abate (durante a sangria), acondicionadas em recipiente de vidro e levadas à estufa de ventilação forçada, a 65°C, durante 72 horas, para determinação do teor de (MS), sendo, a seguir, moídas em moinho de bola e acondicionadas em recipientes para posteriores análises de nitrogênio total e extrato etéreo, conforme Silva & Queiroz (2002).

Aleatoriamente foram escolhidos dois animais de cada tratamento (dieta x grupo genético), que tiveram suas cabeças e pés amostrados. Estes foram dissecados em couro, tecido mole e ossos, sendo que o couro foi somado ao do corpo e descartado, o tecido mole moído e os ossos serrados para proceder a amostragem. A composição média da cabeça e pés desses animais para cada tratamento foi utilizada como base de cálculo da composição dos animais que não tiveram seus pés e cabeça amostrados.

Com exceção do sangue, todas as amostras (órgãos+vísceras, músculo+gordura, ossos, tecido mole e couro) foram liofilizadas por 72 a 96h para determinação da material pré-seca gordurosa (MSG).

Posteriormente, as amostras foram submetidas a um pré-desengorduramento (MSPD) por extração por éter no aparelho Soxhlet por 6h, em média. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de bola, para posteriores determinações de nitrogênio total e extrato etéreo, conforme Silva & Queiroz (2002). A gordura removida no pré-desengorduramento foi calculada pela

diferença entre a MSG e a MSPD, cujo resultado foi adicionado aos obtidos para o extrato etéreo residual na MSPD, para determinação do teor total de gordura.

Os conteúdos corporais de gordura e proteína foram determinados em função das concentrações percentuais destes nos órgãos e vísceras, no couro, no sangue, na cabeça, nos pés e nas amostras da carcaça (ossos, músculo e gordura).

A determinação da energia corporal foi obtida a partir dos teores corporais de proteína e gordura e seus respectivos equivalentes calóricos de 5,6405 e 9,3929, conforme a equação preconizada pelo ARC (1980).

O conteúdo de proteína no corpo dos animais de cada tratamento, e para todos os tratamentos em conjunto, foi estimado por meio de equações não lineares dos conteúdos corporais de proteína dos animais em desempenho e referência, em função do PCVZ, conforme o seguinte modelo:

$$\text{Proteína Corporal (kg)} = a \times \text{PCVZ}^b$$

Onde PCVZ é o peso de corpo vazio e 'a' e 'b' são parâmetros da regressão.

A partir dos parâmetros da regressão acima apresentada, os requerimentos líquidos de proteína por quilo de ganho de peso de corpo vazio foram estimados pela derivada da equação acima, segundo o modelo:

$$\text{PL}_g = a \times b \times \text{PCVZ}^{b-1} \times 1.000$$

Onde PL_g é o requerimento líquido de proteína para ganho (g/GPCVZ).

Para cálculo dos requerimentos líquidos de proteína para ganho e qualquer faixa de desempenho foi ajustado um modelo de acordo com a energia retida com aqueles animais em desempenho:

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times GMD + \beta_2 \times ER$$

Onde PR é a proteína retida (g/dia), GMD é o ganho médio diário em jejum (kg/dia) e ER é a energia retida (Mcal/dia)

De forma alternativa, também foram calculadas essas exigências utilizando o ganho de peso de corpo vazio e a concentração de energia no ganho, também utilizando apenas os animais em desempenho:

$$PR = GPCVZ \times \left(\beta_1 + \beta_2 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$$

Onde PR é a proteína retida (g/dia), GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia), ER é a energia retida (Mcal/dia) e β_1 e β_2 são parâmetros da regressão.

A proporção de energia retida na forma de proteína foi estimada segundo o modelo exponencial sugerido por Tedeschi et al. (2002). O β_0 desse modelo representou a porcentagem mínima de participação da proteína na energia retida.

$$ER_p = \beta_0 + \beta_1 \times e^{-\beta_2 \times \frac{ER}{GPCVZ}}$$

Onde Rep é a porcentagem de energia retida na forma de proteína, ER é a energia retida, GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio, β_0 , β_1 e β_2 são parâmetros da regressão e 'e' é o número de Euler (3,718281).

Para cálculo dos requerimentos de proteína para manutenção, foi adotado primeiramente o modelo sugerido pelo NRC (2000), onde o consumo de proteína metabolizável foi contrastado com o ganho médio diário para os animais em desempenho e manutenção.

$$CP_{met} = \beta_0 + \beta_1 \times GMD$$

Onde CP_{met} é o consumo de proteína metabolizável (g/dia) e GMD é o ganho médio diário (kg/dia).

A divisão do intercepto dessa regressão pelo peso metabólico médio dos animais estimou os requerimentos de proteína metabolizável para manutenção ($\beta_0 + PC_{\text{média}}^{0,75}$, g/PC^{0,75}/dia).

De forma alternativa e utilizando o mesmo grupo de animais, a proteína retida foi plotada em função do consumo de proteína metabolizável.

$$PR = \beta_0 + \beta_1 \times CP_{\text{met}}$$

Onde PR é a proteína retida (g/PCVZ^{0,75}/dia) e CPmet é o consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75}/dia).

O módulo do β_0 deste modelo representa os requerimentos líquidos de proteína para manutenção e o β_1 a eficiência do uso de proteína metabolizável para ganho.

O coeficientes β_0 e β_1 dos dois últimos modelos apresentados foram estimados pelo método da regressão ortogonal de Fuller (1987), que considera que ambas as variáveis do modelo possuem erros aleatórios associados a elas.

Os parâmetros da equação foram obtidos da seguinte forma:

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \times \bar{X} \qquad \beta_1 = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + \sqrt{(\sigma_y^2 + \sigma_x^2)^2 + 4 \times \sigma_{xy}^2}}{2 \times \sigma_{xy}}$$

Onde \bar{X} é a media do da variável discriminante, \bar{Y} é a media da da variável dependente, σ_x^2 é a variância de X; σ_y^2 é a variância de Y; σ_{xy} é a covariância entre X e Y.

Os modelos de conteúdo corporal de proteína e de retenção de energia na forma de proteína foram testados pelo teste de identidade de modelos de Regazzi & Silva (2004). Já as regressões ortogonais e os modelos de cálculo de PCVZ e GPCVZ foram testadas pela indentidade de modelos de Regazzi (1999).

Os modelos de proteína retida em função do ganho médio diário e ganho de peso de corpo vazio mais energia mais energia retida foram testados pelo proc NLmixed do SAS.

Para todos os testes foi utilizado 5% como nível crítico para identificar efeitos de grupo genético sobre os requerimentos de proteína dos animais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Requerimentos de Proteína para ganho

Foram obtidas equações de conteúdo de proteína corporal para cada grupo genético, sendo que as mesmas foram:

$$\text{Nelore: Proteína Corporal (kg)} = 0,5196 \times \text{PCVZ}^{0,8104}$$

$$\text{Nelore-Angus: Proteína Corporal (kg)} = 0,3477 \times \text{PCVZ}^{0,8785}$$

$$\text{Nelore-Simental: Proteína Corporal (kg)} = 0,1725 \times \text{PCVZ}^{0,9964}$$

Onde PCVZ é o peso de corpo vazio.

O teste de identidade de modelos (Regazzi & Souza, 2004) não verificou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os grupos raciais, fato esse que pode ser observado pela Figura 1. Portanto, uma equação conjunta foi determinada para estimar o conteúdo de proteína corporal dos animais usados no experimento:

$$\text{Proteína Corporal (kg)} = 0.3017 \times \text{PCVZ}^{0,9028}.$$

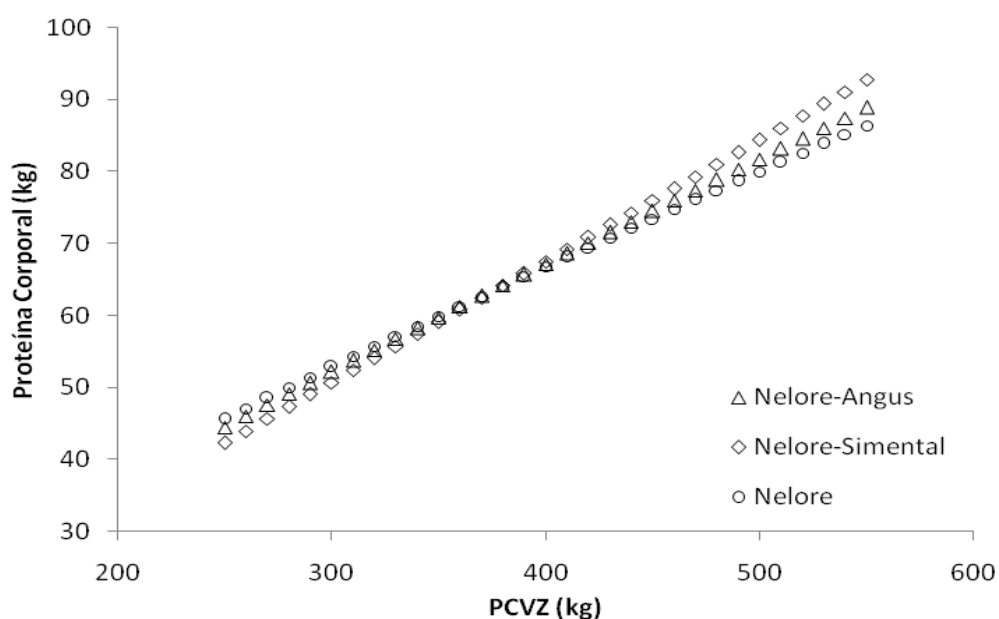


Figura 1 Conteúdo de proteína no corpo vazio em função de diferentes pesos de corpo vazio (PCVZ) para os três grupos genéticos avaliados.

A partir da derivada desta equação foram estimadas as exigências líquidas de proteína para ganho (Tabela 3). Os dados mostram menores valores numéricos de exigências apresentados pelos animais Nelore, mas não houve diferença entre os grupos genéticos.

Na Tabela 3, também são mostrados os valores de exigência de proteína apresentados pelas Tabelas Brasileiras de Exigências para Zebuínos (BR-CORTE, 2006), em que os dados utilizados foram obtidos de animais zebuínos. Os valores encontrados pelo BR-CORTE são inferiores àqueles estimados nesse trabalho, mostrando mais uma vez que podem existir diferenças em exigências nutricionais de proteína entre animais zebuínos puros e cruzados, entretanto faltam informações suficientes na literatura para provar essa hipótese.

Tabela 3 – Exigência líquidas de proteína para ganho (g/GPCVZ) de animais de diferentes grupos genéticos, e em conjunto, em função de diferentes pesos corporais.

Peso Corporal	Nelore	Nelore-Angus	Nelore-Simental	Conjunta	BR-CORTE
300	145,16	154,36	168,44	157,78	130,97
350	140,97	151,50	168,34	155,43	124,78
400	137,45	149,06	168,26	153,43	118,82
450	134,41	146,94	168,19	151,68	113,03
500	131,76	145,07	168,13	150,13	107,41

Observou-se um decréscimo nos requerimentos líquidos de proteína na medida em que o peso corporal aumentou, fato esse devido a uma queda na taxa de crescimento do animal quando o mesmo se aproxima da maturidade, com consequente mudança no metabolismo do animal no sentido de diminuir o fluxo de nutrientes para a deposição de tecido magro e aumentar as reservas corporais.

Os dados mostram, também, uma queda menos acentuada para os animais Nelore-Simental. De acordo com o NRC (1996), o Simental é um animal tardio, portanto essa ausência de queda nas exigências de proteína acontece por estarem esses animais ainda na fase crescente de desenvolvimento, sendo sua maturidade atingida após os pesos corporais atingidos no experimento.

Gourlart et al. (2008) avaliaram as exigências de animais Nelore, Nelore-Angus, Nelore-Simental e Nelore-Canchim e encontraram valores de 153, 140, 164 e 142 g/kgGPCVZ, respectivamente. Contudo os autores observaram diferenças significativas entre eles, ficando os animais NS com maior exigência, os NA e Nelore-Canchim com menor, e os NE em posição intermediária. Os autores ressaltaram ainda que esse fenômeno ocorreu devido à maior precocidade dos animais Angus e menor dos animais Simental.

Véras et al. (2001), trabalhando com animais Nelore e Nelore-Simental encontraram exigências de 152,07, 140,26 e 131,98 g/kgGPCVZ para animais com 300, 400 e 500 kg, respectivamente.

Freitas et al. (2006) avaliaram as exigências de quatro grupos genéticos (Nelore, Nelore-Angus, Nelore-Simental e Nelore-Pardo-Suíço) e também não encontraram diferenças significativas entre raças pelo teste de identidade de modelos. As exigências conjuntas para animais de 300, 400 e 500 kg foram de 152,0, 146,0 e 141,4 g/kgGPCVZ, respectivamente. Os autores relataram ainda uma revisão de 14 trabalhos encontrados na literatura brasileira e constataram uma média de 154 ± 27 g/kgGPCVZ para um animal de 450 kg de peso corporal. O valor encontrado no presente trabalho (151,68), encontra-se dentro da média referida por esses autores.

Foram construídas equações para cálculo dos requerimentos de proteína para qualquer faixa de desempenho, com base no desempenho e energia retida. Assim como o modelo mostrado anteriormente, foram construídas equações para cada grupo genético:

$$\text{Nelore-Simental: PR} = 62,29 + 157,56 \times \text{GMD} - 12,44 \times \text{ER}$$

$$\text{Nelore: PR} = 52,02 + 108,87 \times \text{GMD} - 6,43 \times \text{ER}$$

$$\text{Nelore-Angus: PR} = 65,51 + 112,78 \times \text{GMD} - 3,80 \times \text{ER}$$

Onde PR é a proteína retida (g/dia), GMD é o ganho médio diário em jejum (kg/dia) e ER é a energia retida (Mcal/dia).

Não foi observado efeito de grupo genético sobre nenhum dos coeficientes do modelo acima descrito ($P > 0,05$). Percebe-se, também, que o intercepto obtido foi maior, e o coeficiente do GMD menor, que a maioria daqueles observados na

literatura (Paulino, 2006; Paulino et al. 2004, Veras et al., 2000), mostrando que parte da influência do ganho médio diário foi contabilizada no intercepto. Esse fato pode ter acontecido devido ao pequeno número de observações por grupo genético, uma vez que após agrupar todos os animais para a composição de uma equação conjunta esse efeito erro não aconteceu:

$$\text{Equação conjunta: } PR = 10,41 + 134,87 \times GMD - 1,06 \times ER$$

É importante observar que não houve efeito significativo da variável energia retida sobre a proteína retida no corpo vazio dos animais, fato esse também observado por Veloso et al. (2002). No entanto, o mesmo foi mantido no modelo por esse ser utilizado na maioria dos trabalhos.

O NRC (2000) sugere outro modelo para estimar os requerimentos líquidos de proteína para ganho ($PR = GMD \times [268 - 29,4 \times (ER/GMD)]$), em que ele relaciona o ganho de proteína não só com a energia retida, mas com a proporção de energia no ganho. A partir dos dados obtidos nesse trabalho foram estimados os parâmetros de acordo com o modelo proposto pelo NRC (2000).

$$\text{Nelore-Simental: } PR = GMD \times \left(170,2 - 5,11 \times \frac{ER}{GMD} \right)$$

$$\text{Nelore: } PR = GMD \times \left(180,8 - 12,94 \times \frac{ER}{GMD} \right)$$

$$\text{Nelore-Angus: } PR = GMD \times \left(146,9 - 1,17 \times \frac{ER}{GMD} \right)$$

Onde PR é a proteína retida (g/dia), GMD é o ganho médio diário em jejum (kg/d) e ER é a energia retida (Mcal/dia).

Nesse modelo também não foi observado efeito de grupo genético, sendo estimado um modelo conjunto:

Equação conjunta: $PR = GMD \times \left(144,0 - 1,13 \times \frac{ER}{GMD} \right)$

Observa-se nos modelos propostos uma influência menor da concentração de energia retida no ganho para estimar a proteína retida do que no modelo proposto pelo NRC (2000). Talvez isso ocorra pelo fato do banco de dados do NRC (2000) possuir uma grande quantidade de animais mais pesados (com mais de 500 kg), onde grande parte da energia retida é feita na forma de gordura, e não proteína.

No presente caso, a maior parte de ganho foi proporcionado por acréscimo de proteína, e não gordura, já que grande parte dos animais não atingiram mais que 25% de gordura corporal.

Chizzotti et al. (2008) utilizaram a mesma idéia do NRC (2000) em uma meta-análise de dados de experimentos conduzidos no Brasil com animais zebuínos puros e cruzados. Todavia os autores utilizaram o ganho de peso de corpo vazio, e não o ganho médio diário em jejum, como referência para estimar os requerimentos de proteína. O modelo apresentado pelos autores foi: $PR = GPCVZ \times (217 - 12,8 \times ER/GPCVZ)$.

Seguindo o modelo apresentado por Chizzotti et al. (2008), foram estimadas as exigências líquidas de proteína para ganho, utilizando o GPCVZ.

Nelore-Simental: $PR = GPCVZ \times \left(263,59 - 17,63 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$

Nelore: $PR = GPCVZ \times \left(140,73 - 0,70 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$

Nelore-Angus: $PR = GPCVZ \times \left(243,48 - 19,01 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$

Observa-se que os coeficientes dos modelos de animais cruzados são bastante próximos aos sugeridos no modelo do NRC (2000) utilizando o ganho médio diário. Além disso, o modelo para animais Nelore dá suporte à discussão feita acima, onde animais mais leves e, portanto, ainda em fase de maior deposição de proteína, têm uma menor proporção de gordura no ganho de energia.

Entretanto, mais uma vez não foi evidenciado efeito de grupo genético sobre os coeficientes do modelo acima, sendo, dessa forma, estimado um modelo completo. Este é apresentado a seguir, e possui grande semelhança com o modelo proposto por Chizzotti et al. (2008), que também avaliou animais da zebuínos puros e cruzados.

$$\text{Equação Conjunta: } PR = GPCVZ \times \left(238,5 - 16,73 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$$

Para dar suporte aos dados apresentados até o momento, foi estimada a retenção de energia na forma de proteína como proposto por Tedeschi et al. (2002), onde a proporção de energia retida na forma de proteína é estimada a partir da concentração de energia no ganho.

Foi verificado efeito de grupo genético sobre a retenção de energia na forma de proteína, entretanto apenas os animais Nelore-Angus se diferenciaram dos demais. Esses animais tiveram uma maior deposição de energia na forma de gordura que os outros grupos, mostrando que esses já se encontravam em fase mais avançada de maturidade.

$$\text{Nelore e Nelore-Simental: } ER_p = 12,40 + 66,86 \times e^{-0,49 \times \frac{ER}{GPCVZ}}$$

$$\text{Nelore-Angus: } ER_p = 6,72 + 293,2 \times e^{-0,69 \times \frac{ER}{GPCVZ}}$$

Onde REp proporção da energia retida na forma de proteína (%).

Percebe-se a partir dos modelos que a porcentagem mínima de participação da proteína no ganho de energia é de 12,40% para animais Nelore e Nelore-Simental e 6,72% para Nelore-Angus. De acordo com o modelo proposto por Tedeschi et al. (2004), trabalhando com dados de animais taurinos, esse valor seria de 5,54% e de acordo com Chizzotti et al. (2008), utilizando zebuínos puros e cruzados, a proporção de proteína no ganho de energia seria de 10,1%.

Dessa forma, observa-se que os animais Nelore-Angus encontravam em fase de maturidade mais avançada em relação aos demais e, de acordo com Geay (1984), a proporção de proteína no ganho decai linearmente com o aumento da deposição de energia.

Se for considerado um valor de concentração de energia retida no GPCVZ de 5,0 Mcal/GPCVZ, seria obtida uma proporção da proteína no ganho de 18,09% para Nelore e Nelore-Simental e 16,24 para Nelore-Angus. Utilizando as equações adotadas por Tedeschi et al. (2004) esse valor seria de 15,98% e segundo Chizzotti et al. (2008) seria de 16,25%.

Requerimentos de Proteína para Manutenção

O NRC (2000) adotou os requerimentos de proteína metabolizável para manutenção de $3,8 \text{ g/kg PC}^{0,75}/\text{dia}$. Esse valor foi encontrado por Wikerson et al. (1993), como o intercepto do consumo de proteína metabolizável (g/dia) em função do ganho médio diário (kg/dia), dividido pelo peso metabólico médio dos animais daqueles trabalhos.

Utilizando o mesmo modelo proposto pelo NRC (2000) foi possível estimar os requerimentos de proteína metabolizável para manutenção (Figura 2). Não foi observado efeito de grupo genético sobre nenhum dos coeficientes do modelo, sendo, portanto, estimada uma equação conjunta para os três grupos avaliados.

$$\text{Equação conjunta: } CP_{\text{met}} = 468,4183 \times \text{GMD} + 274,0977$$

Onde CP_{met} é o consumo de proteína metabolizável (g/dia) e GMD é o ganho médio diário (kg/dia).

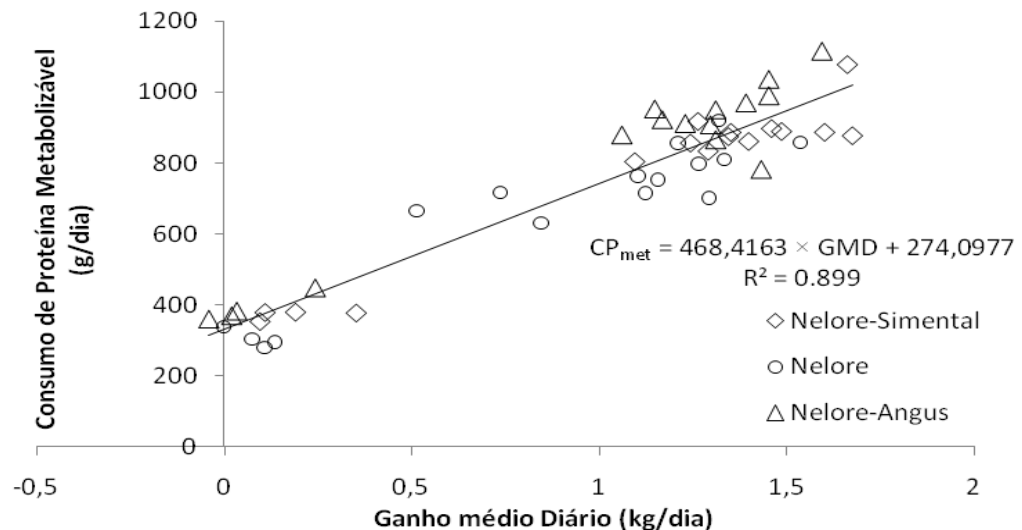


Figura 2 – Consumo de proteína metabolizável em função do ganho médio diário de três grupos genéticos

Dividindo o intercepto do modelo descrito para os dados em conjunto pelo peso metabólico médio dos animais ($88,65 \text{ kg}^{0,75}$), obteve-se um requerimento de $3,09 \text{ g/PC}^{0,75}/\text{dia}$, valor abaixo daquele encontrado por Wikerson et al. (1993), porém próximo daquele preconizado pelo INRA (1988) de $3,25 \text{ g/PC}^{0,75}$ e calculado por balanço de nitrogênio.

Outros métodos também são utilizados para estimar os requerimentos de proteína para manutenção. Dentre eles o método que tem sido mais utilizado é

aquele que relaciona o nitrogênio retido com o nitrogênio consumido. Contudo, esse método tende a subestimar as exigências de proteína para manutenção pois não computa perdas de pêlos e descamação.

Plotando os dados de consumo de proteína metabolizável em função da proteína retida foram obtidos os requerimentos líquidos de proteína para manutenção representados pelo intercepto do modelo. A inclinação representa a eficiência de conversão de proteína metabolizável em proteína líquida para manutenção (Figura 3).

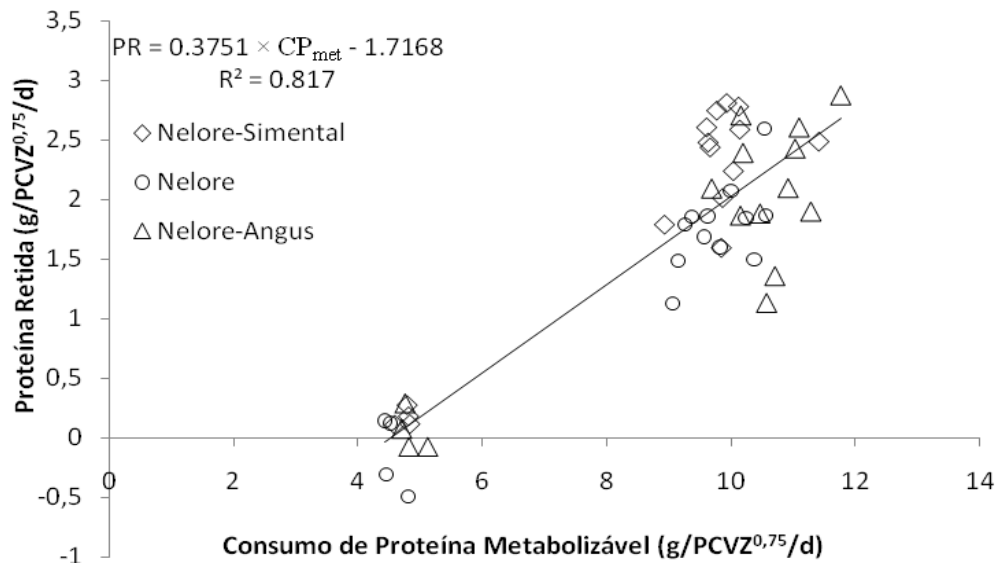


Figura 3 – Proteína retida em função do consumo de proteína metabolizável para os três grupos genéticos avaliados

Não foi observado efeito de grupo genético para nenhum dos coeficientes do modelo, sendo a proteína retida (PR) descrita em uma equação conjunta:

$$\text{Equação conjunta: } PR = 0,3751 \times CP_{\text{met}} - 1,7168$$

Onde PR é a proteína retida (g/PCVZ^{0,75}/dia) e CP_{met} é o consumo de proteína metabolizável (g/PCVZ^{0,75}/dia).

Pelo modelo obteve-se um requerimento líquido de proteína para manutenção de aproximadamente 1,72 g/PCVZ^{0,75}. Esse valor é menor que aqueles sugeridos pelo BR-CORTE (2006) e pelo AFRC (1993) de 2,69 e 2,30 g/PCVZ^{0,75}, respectivamente, mas quase igual ao verificado por Chizzotti et al. (2008) para animais zebuínos puros e cruzados de 1,74 g/PCVZ^{0,75}. Entretanto, como já observado, os valores obtidos por essa técnica parecem subestimados.

Por outro lado, a eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho foi de 37,51%, sendo esse valor menor que o preconizado pelo NRC (2000) de 49,2% para animais com peso corporal superior a 300 kg.

De acordo com Oldham (1987), a eficiência de uso da proteína metabolizável é baseada no valor biológico da proteína e na eficiência de uso de uma “mistura ideal” de aminoácidos, sendo assim, fortemente influenciado pela qualidade da fonte de proteína não-degradada no rúmen e pelo valor biológico da proteína microbiana.

No atual trabalho, foram utilizadas fontes alternativas de alimentos como o caroço de algodão e a casca de soja, além da qualidade da silagem de milho feita no Brasil geralmente ser diferente daquela encontrada nos Estados Unidos. Dessa forma, é possível que esses fatores tenham contribuído para a menor eficiência de uso da proteína metabolizável.

Marcondes et al. (2009b), utilizando animais Nelore de três classes sexuais e alimentação à base de silagem de milho, milho moído e farelo de soja encontraram uma eficiência de uso da proteína metabolizável para ganho de 50%,

semelhante à sugerida pelo NRC (2000), dando suporte às discussões feitas acima.

CONCLUSÕES

Não há efeito de grupo genético sobre requerimentos líquidos de proteína para ganho e sugere-se utilizar o modelo $PR = GPCVZ \times \left(238,5 - 16,73 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$ para estimá-los.

Não há efeito de grupo genético sobre as exigências de proteína metabolizável para manutenção, sendo esse valor 3,09 g/PC^{0,75}.

Há efeito de grupo genético na energia retida na forma de proteína, sendo recomendadas as seguintes equações:

$$\text{Nelore e Nelore-Simental: } ER_p = 12,40 + 66,86 \times e^{-0,49 \times \frac{ER}{GPCVZ}}$$

$$\text{Nelore-Angus: } ER_p = 6,72 + 293,2 \times e^{-0,69 \times \frac{ER}{GPCVZ}}$$

LITERATURA CITADA

- AFRC. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford, UK:Agricultural and Food Research Council. CAB International, 1993. 159p.
- ARC. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London:Agricultural Research Council. The Gresham Press, 1980. 351p.
- Chizzotti, M.L.; Tedeschi, L.O.; Valdares Filho, S.C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore Cattle. **Journal of Animal Science**. v.86, n.7, p.1588-1597, 2008
- FREITAS, J.A.; QUEIROZ, A.C.; DUTRA, A.R. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável em bovinos Nelore puros e cruzados submetidos a

- quatro níveis de concentrado na ração. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.894-901, 2006
- FULLER, W.A. **Measurement error models**. John Wiley and Sons, New York. 1987.
- GARRETT, W.N., JOHNSON, D.E. Nutrition Energetics of ruminants. **Journal of Animal Science**. v.57, n.2, p. 478-497. 1983
- GEAY. Y. Energy and protein utilization in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.58, n.3, p.766-778, 1984.
- GOULART, R.S.; ALENCAR, M.M.; POTT, E.B. et al. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia de bovinos de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Rev. Bras. Zootec.**, v.37, n.5, p.926-935, 2008
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, I.M. et al. Consumo, Desempenho e Eficiência Alimentar de Bovinos Puros e Cruzados Recebendo Alto ou Baixo Nível de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2009a (Aceito em 2009, em fase de correção)
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R. et al. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. **Rev. Bras. Zootec.** v.38, n.8, 2009b (no prelo).
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; PRADOS, L.F. et al. Produção de proteína microbiana de animais Nelore puros e cruzados em dietas com alto ou baixo teor de concentrado ou em manutenção. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 19., 2009, Águas de Lindóia. **Anais ... Pirassununga, SP: Universidade de São Paulo, 2009c. CD-ROM.**
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: 2000. 242p.
- OLDHAM, J.D. Efficiencies of amino acids utilization. In: **Feed Evaluation and Protein Requirements Systems for Ruminants**, ed. Luxembourg: R. Jarrige e G. Alderman, 1987. p.171-186.
- Paulino, P.V.R. **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C.V. et al. Exigências nutricionais de zebuínos: proteína. **Rev. Bras. Zootec.** v.33, n.3, p.759-769, 2004
- REGAZZI, A. J. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. **Revista Ceres**, v. 46, n. 266, p. 383-409, 1999.

- REGAZZI, A.J.; SILVA, C.H.O. Tests para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. Dados no delineamento inteiramente causalizado. **Rev. Mat. Estat.** v.22, n.3, p.33-45, 2004
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3.ed. Viçosa: Imprensa Universitária – Universidade Federal de Viçosa, 2002. 165 p.
- TEDESCHI, L.O.; BOIN, C.; FOX, D.G. et al. Energy requirement for maintenance and growth of Nelore bulls and steers fed high-forage diets. **Journal of Animal Science**. v.80, n.6, p.1671-1682, 2002
- TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; GUIROY, P.J. A decision support system to improve individual cattle management. 1 .A mechanistic, dynamic model for animal growth. **Agricultural Systems**. v.79, p.171-204. 2004
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos – BR CORTE**. ed: 1.ed. Viçosa : UFV, Suprema Gráfica Ltda. 2006, 142p.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALDI JR., A. et al. Composição corporal e exigências energéticas e protéicas de bovinos F1 Limousin x Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Rev. Bras. Zootec.** v.31, n.3, p.1273-1285, 2002.
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado. **Rev. Bras. Zootec.** v.29, n.8, p.2379-2389, 2000
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Predição da Composição Corporal de dos Requisitos de Energia e Proteína para ganho de Peso de Bovinos, Não-Castrados, Alimentados com Rações Contendo Diferentes Níveis de Concentrado. **R. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, p.1127-1134, Suplemento 1, 2001
- WILKERSON, V.A.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. et al. Metabolizable protein and amino acid requirements of growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.2777-2784, 1993.

Predicting partial efficiency of use of metabolizable energy to net energy for gain and maintenance of Nellore cattle

Abstract: Twenty six comparative slaughter studies were gathered (N=752 animals) and coded by sex (431 bulls, 204 steers, and 117 heifers) and breed (447 Nellore and 305 *Bos indicus* and *B. taurus* crossbreds) to develop equations to predict the partial efficiency of use of metabolizable energy (**ME**) to net energy (**NE**) for growth (**k_g**) or maintenance (**k_m**). The retained energy (**RE**) was regressed on ME intake (**MEI**) available for gain within each experiment to obtain the **k_g** using orthogonal regressions. The computed **k_g** was regressed on RE as protein (**RE_P**) according to the following model: $a/(b + RE_P)$. Sex and breed effects were not tested because of the small number of experiments. The **NE_m** was estimated as the intercept of the model: $HP = a \times e^{b \times MEI}$. The ME for maintenance (**MEM**) was computed when $MEI = HP$. The **k_m** within trials was calculated as NE_m/ME_m . The **k_m** was then modeled using a stepwise procedure in a multiple regression, including average daily gain, empty body gain (**EBG**), empty body weight (**EBW**), $EBW^{0.75}$, **kg**, and energy content (Mcal) in the body weight. A random coefficients model assuming a random variation of study was used to test breed and sex effect on the best fitted model for **k_m**. The overall equation to predict **k_g** was: $0.327 \pm 0.142 / (0.539 \pm 0.317 + RE_P)$, with an r^2 of 0.963. Because our database consisted of Nellore and *B. indicus* and *B. taurus* crossbreds, it is necessary to further evaluate differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* regarding **k_g**. The equation to predict **k_m** was $0.513 \pm 0.024 + 0.173 \pm 0.061 \times k_g + a \times EBG$, where $a =$ either $0.100 (\pm 0.021)$ or $0.073 (\pm 0.021)$ for *Bos indicus* or crossbreds, respectively. Therefore, *B. indicus* were more efficient when using ME for maintenance. Literature data suggested that a smaller protein turnover rate in these breeds might explain these results. We concluded that **k_m** can be predicted from **k_g** and

EBG and that breed can affect k_m . It also can be concluded that k_g can be predicted from RE_P and neither sex nor breed affect k_g .

Eficiência parcial de uso da energia metabolizável para ganho e manutenção em bovinos Nelore

Resumo: Vinte e seis estudos com abate comparativo foram reunidos (N=752 animais) e classificados em sexo (431 machos inteiros, 204 machos castrados e 117 fêmeas) e raça (447 Nelore e 305 cruzados) para desenvolver equações de predição da eficiência de uso da energia metabolizável (EM) para ganho (k_g) e manutenção (k_m). Foi obtida a regressão da energia (ER) retida em função do consumo de energia metabolizável (CEM) para ganho dentro de cada experimento para obter o k_g por meio de regressões ortogonais. Os k_g encontrados foram correlacionados com a ER como proteína de acordo com o modelo: $a/(b + ER_P)$. Sexo e raça não foram testados devido ao reduzido número de estudos. O exigência de energia líquida para manutenção (EL_M) líquida foi estimado como o intercepto do modelo: Produção de calor (PC) = $a \times e^{b \times CEM}$. A EM para manutenção (EM_M) foi obtido quando $CEM = PC$, sendo um k_m obtido para cada estudo como EL_M/EM_M . Posteriormente o k_m foi modelado por meio de um procedimento stepwise em uma regressão múltipla das variáveis: ganho médio diário, ganho de peso de corpo vazio, peso de corpo vazio (PCVZ), $PCVZ^{0,75}$, k_g , e conteúdo corporal de energia no PCVZ. Um modelo de coeficientes aleatórios foi utilizado assumindo efeito de estudo como aleatório e de sexo e raça como fixos. A equação de predição da k_g foi: $0,327 \pm 0,142 / (0,539 \pm 0,317 + RE_P)$, com um r^2 de 0,963. Como o banco de dados continha apenas animais puros e cruzados com Nelore, ainda é necessária uma avaliação desse modelo de k_g com animais taurinos puros. A equação de predição do k_m foi $0,513 \pm 0,024 + 0,173 \pm 0,061 \times k_g + a \times GPCVZ$, onde a é igual a $0,100 (\pm 0,021)$ ou $0,073 (\pm 0,021)$ para *Bos indicus* e cruzados, respectivamente. Portanto, *B. indicus* são mais eficientes em utilizar a

energia metabolizável para manutenção. Dados da literatura sugerem que um menor *turnover* proteico dessas raças podem explicar estes resultados. Pode-se concluir que a k_m pode ser predita a partir da k_g e do GPCVZ, sofrendo um efeito de raça. Também se pode concluir que a k_g pode ser predita a partir da ER_P e que esta não é afetada por sexo ou raça.

INTRODUCTION

According to CSIRO (1991, 2007) the use of a fixed partial efficiency of use of ME to NEg (k_g) will overestimate the energy gain when this gain is formed mostly by protein gain. This happens because the efficiency of energy deposit as protein (k_p) is lower than the energy deposit as fat (k_f). Usually when 1 g of protein is deposited there is an associated deposit of 4 to 5 g of water whereas when fat is deposited less than 1 g of water is deposited. Furthermore, 1 g of protein generates 5.65 kcal of energy and 1 g of fat generates 9.39 kcal of energy (ARC, 1980). Therefore, the k_g is highly dependent on the composition of the tissue deposited.

Tedeschi (2001) has proposed a theoretical model to predict k_g based on the efficiencies of deposition of protein and fat, and the percentage of retained energy as protein (**REp**). Others (Williams and Jenkins, 2003; Tedeschi et al. 2004) have used this theoretical model associated with a fixed efficiency of 25 and 75% for k_p and k_f , respectively, based on the work developed by Geay (1984). Chizzotti et al. (2008) further evaluated the equation devised by Tedeschi et al. (2004) for *Bos indicus* purebred and crossbred animals. Chizzotti et al. (2008) suggested that further work was needed to improve the relationship between gain composition and partial efficiency of use of ME for gain.

According to Garret (1980a), maintenance energy requirements include the "... amount of energy necessary to achieve an equilibrium state and would include the cost of any minimal muscular activities necessary to obtain and process sufficient energy sources to provide the requisite number of calories." This statement assumes that maintenance requirements are fixed, independent of age or level of gain. However, Frisch and Vercoe (1977) have shown that maintenance requirements might vary in different rates of gain and other studies have shown the influence of empty body gain (**EBG**) on efficiency of use of ME to NEm (Garret, 1980b; Vermorel and Bickel, 1980; Garrett and Johnson, 1983).

The CSIRO (2007) compared the ARC (1980) and AFRC (1991) requirements with the Australian system (CSIRO, 1991) to predict k_m and suggested that a fixed k_m could overestimate the worth of diets with less TDN. According to this system, the high variability in the diets support an idea of a non-fixed k_m . Under Brazilian conditions, the diet variability can be even greater than those found in Australian conditions in which the use of by-products to supplement grass-fed animals in beef industry is very pronounced.

The objective of this study was to obtain information of published experiments under tropical conditions to perform a meta-analysis of partial efficiency of use of ME to NEg and NEm and to develop empirical predicative equations to be used with Nellore cattle.

MATERIAL AND METHODS

Humane care and slaughter procedures were followed within each study based on their specific animal use protocol and guidelines.

Data Collection

Twenty six comparative slaughter studies were gathered (N = 752 animals) and coded by sex (431 bulls, 204 steers, and 117 heifers) and breed (447 Nellore purebreds and 305 Nellore crossbreds). In this database, 89 animals were from baseline (reference) groups and used only to estimate the initial empty BW (**EBW**) and the body composition of the animals that were comparatively slaughtered. The non-baseline animals were comprised of 95 animals fed at maintenance level and 568 animals fed above maintenance (Table 1). Animals were either finished in feedlot conditions (n = 625) or under grazing conditions (n = 127).

Within each experiment, the data were classified for breeds (*Bos indicus* or British and continental crossbreds with *Bos indicus*), sex (bulls, steers, and heifers), treatment (reference, maintenance, and above maintenance) and quantitative information about DMI, initial and final EBW, initial and final shrunk BW (**SBW**), protein and ether extract in the BW, days on feed, and ME intake (**MEI**).

Data Calculation and Analyses

The NEm was calculated as suggested by Lofgreen and Garret (1968) in which heat production (**HP**) is estimated by an exponential model as a function of

MEI (Eq. [1]). The HP was calculated as MEI minus RE. The ME for maintenance (**ME_m**) was estimated by iteration using Eq. [1], in which the ME_m was determined as the point where HP is equal to MEI. The k_m was then calculated as NEm divided by ME_m.

$$HP = \beta_0 + \beta_1 \times MEI \quad [1]$$

Where HP is heat production, MEI is metabolizable energy intake, and β_0 (which represents the NEm) and β_1 are parameters of the regression.

For each study, one k_m was estimated within breed or sex. Therefore, thirty eight points of k_m were used and correlated with k_g , EBG, concentration of energy in BW (Mcal), ADG, concentration of metabolizable energy in the diet (**[ME]**), NEm, EBW, $EBW^{0.75}$, maturity level (**u**), RE_p, and RE_c, and equivalent EBW (**EqEBW**).

The value of “u” was assumed as the BW at which the animal reached 22% of ether extract (**EE**). To predict this point, BW was regressed on the %EE within breeds (Nellore, Nellore x British *B. taurus*, and Nellore x continental *B. taurus*) (data not shown). The reference EBW (**EBW_{22%EE}**) were 435, 480 and 495 kg for Nellore, Nellore x British *B. taurus*, and Nellore x continental *B. taurus*, respectively. The value of “u” was then calculated as the actual BW divided by $EBW_{22\%EE}$. The EqEBW was estimated as u times a standard EBW (EBW_{std}), which represents the weight where all breeds would have EqEBW with 22% of EE. The EBW_{std} settled was 450 kg because most of the database was composed by Nellore cattle.

Variables were regressed on k_m using a stepwise procedure in PROC REG (SAS Inst. Inc., Cary, NC) and those variables significant at $P < 0.001$ were kept in the regression for further analyses.

After defining the variables that had adequate correlation with k_m , a random coefficients model assuming the effect of study as random variables was used to test the effects of breed and sex. The PROC MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) was used in this analysis and because of the small number of points ($N = 38$) interactions between breed and sex were not tested.

The k_g can be calculated using the system adopted by Tedeschi et al. (2002) in which the slope of the regression of retained energy (RE) on MEI above maintenance is assumed to be the k_g (Eq. [2]). The adjustment of MEI for ME required for maintenance is important for diets with lower TDN values due to the discount of TDN as level of intake increases (Van Soest and Fox, 1992; Tedeschi et al. 2005)

$$RE = k_g \times (MEI - MEM) \quad [2]$$

Where RE is retained energy, k_g is partial efficiency of use of metabolizable energy for gain, MEI is metabolizable energy intake, and MEM is metabolizable energy for maintenance.

The k_g was computed within each study using the orthogonal regression of Eq. [1]. The orthogonal regression was used because of errors in both variables (RE and MEI above maintenance) as suggested by Fuller (1987). The intercept and slopes of the regression between RE on ME above maintenance were computed using Eq. [3] (β_0) and Eq. [4] (β_1); respectively, in which k_g is β_1 .

$$\beta_0 = \bar{Y} - \beta_1 \times \bar{X} \quad [3]$$

$$\beta_1 = \frac{\sigma_y^2 - \sigma_x^2 + \sqrt{(\sigma_y^2 - \sigma_x^2)^2 + 4 \times \sigma_{xy}^2}}{2 \times \sigma_{xy}} \quad [4]$$

where Y is RE, Mcal/d; and X is the ME for gain, Mcal/d.

An equation was devised to predict the determined k_g from measured RE_p . The equation was adapted from the model described by Tedeschi et al. (2004). The difference was that instead of using averages of the efficiency of protein and fat, the PROC NLIN (SAS Inst. Inc., Cary, NC) was used to adjust the model and determine the parameters (β_0 and β_1) as shown in Eq. [5].

$$k_g = \frac{\beta_0}{\beta_1 + RE_p} \quad [5]$$

Where β_0 and β_1 are parameters of the equation and RE_p is the percentage of energy retained as protein.

The equation to predict RE_p was determined using its nonlinear relationship with the concentration of energy retained in the gain (**REc**) as shown in Eq. [6]. Additionally, the equation form suggested by Tedeschi et al. (2004) and Chizzotti et al. (2008) as shown in Eq. [7] was also investigated. The Akaike's Information Criteria (AIC) was used to select the equation with the best goodness-of-fit.

$$RE_p = \beta_0 \times \left(\frac{RE}{EBG} \right)^{\beta_1} \quad [6]$$

$$RE_p = \beta_0 + \beta_1 \times e^{\beta_2 \times \left(\frac{RE}{EBG} \right)} \quad [7]$$

where β_0 , β_1 , and β_2 are parameters of the equation, RE is the retained energy, Mcal/d; and EBG is the empty body gain, kg/d.

Model Evaluations

Predictive equations were evaluated using the Model Evaluation System v. 3.0.1 (<http://nutritionmodels.tamu.edu>) and the analysis used to describe the evaluation were the significance of the regression between observed and predicted values (Mayer et al., 1994), the coefficient of determination, residual analysis, the concordance correlation coefficient (Lin, 1989), and the root mean square error of prediction (Bibby and Toutenburg, 1977).

Statistical Analysis

All the parameter coefficients of linear models were estimated using PROC MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) and for nonlinear models the PROC NL MIXED (SAS Inst. Inc., Cary, NC) was used. The PROC NL MIXED assumed breed and sex as fixed effects and study as random effect. The Gauss-Newton method was used for convergence. Interactions that were consistently non-significant ($P > 0.05$) were excluded from the final regression.

For all analysis, fixed effects were considered different from zero if the $P < 0.05$ and random effects were considered different from zero when $P < 0.20$. A greater P -value was chosen because of the large variation found between experiments between systems (pasture and feedlot) or feeding levels (concentrate levels varying from zero to 80% of the DM).

RESULTS AND DISCUSSION

Partial efficiency of use of ME to NE_g (k_g)

In order to compute the k_g , it was necessary to estimate it for each experiment. To do so, the model suggested by Tedeschi et al. (2004) was used (Eq.2), where a linear relation between RE and MEI for gain was used. A few works (Blaxter and Graham, 1955; Blaxter et al., 1966; Webster et al., 1976; Blaxter and Boyne, 1978) suggested that this relation could be non linear, but as shown on Figure 1, no evidence of that was observed in the actual database.

This linear relation between RE and MEI agrees with Williams and Jenkins (2003) and Lofgreen and Garrett (1968). Williams and Jenkins (2003) still added another factor to this model, representing the breed effect, however, neither breed, nor sex, nor the interaction between them were found in the intercept (*P-values* of 0.895, 0.737 and 0.709, respectively) and in the k_g (*P-values* of 0.772, 0.281, and 0.674, respectively). Williams and Jenkins (2003) evaluated only *Bos taurus* purebreds, and this is likely the main reason to differences found by those authors and the present study, which included only *Bos indicus* and crossbreds of *Bos indicus* and *Bos taurus*.

To compute the MEm, the HP was regressed on MEI. Within each experiment, the MEm was subtracted from the MEI considering the effects of breed and sex. The analysis of the HP on MEI indicated no effects of breed, sex, and of the interaction between them on the intercept (*P-values* of 0.974, 0.374, and 0.371, respectively), and on the MEI coefficient (*P-values* of 0.688, 0.302, and 0.608, respectively), thus an overall equation was constructed (Eq. 1)

The intercept of the model represents a NEm of 79.39 kcal/EBW^{0.75}, and the confident interval demonstrated that it could range from 74.09 to 84.70 kcal/EBW^{0.75} (Figure 2). This value is similar to 77.00 kcal/EBW^{0.75} used by NRC

(2000) to compute NEm for *Bos taurus*, and it doesn't support the recommendation by the NRC (2000) and the CSIRO (2007) that *Bos indicus* cattle would require 10 or 20% less NEm, respectively.

$$HP = 0.0794(\pm 0.003) \times e^{2.534(-0.085) \times MEI} \quad [8]$$

The AFRC (1993) and CSIRO (2007) also do not compute differences between steers and heifers, but according to it, bulls have 15% more maintenance requirements than the other genders.

Considering an animal with 400 kg of EBW, the NEm would be 7.10 Mcal/d using the Eq.[8], 6.66 kcal/d using ARFC (1993) model and 6.89 kcal/d using the NRC (2000) model. However, adding the activities effects on AFRC (1993) model, the NEm would increase to 7.34 kcal/d. Therefore, the system may explain part of this greater NEm found with the present database.

As all animals of the database raised on pasture were bulls or steers, these animals were contrasted with those raised on feedlot to access the effects of voluntary activities on NEm. There was only one experiment with steers in pasture system, therefore, the sex effect was not tested because lack of study effect on this class. No breed effect was found on intercept ($P = 0.891$) and on MEI coefficient ($P = 0.656$). However, the system had also no effect on the NEm ($P = 0.954$), and the MEI coefficient ($P = 0.062$), therefore not agreeing with nutrient requirement systems who corrects the NEm for activities as CSIRO (2007) and AFRC (1993).

Frich and Vercoe (1977) studying *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbreed found that fasting metabolism was smaller in grazing animals than those kept in

feedlot. The authors also found that animals Hereford x Shorthorn (HS) had highest NEm than Brahman x HS. The difference between them was greater in smallest EBG.

The NRC (2000) observed that differences among procedures and approaches may make difficult comparisons between classes (sex, breed and feeding environment), and that may be one of the reasons to some lack of differences found in this study.

One k_g was estimated for each experiment in order to study their behavior and develop a model to predict it. Sex and breed effects were not tested because of the small number of experiments (N = 26). Five experiments failed to provide reliable estimates of k_g , thus, only 21 studies were used. The overall equation to predict k_g was:

$$k_g = \frac{0.327(\pm 0.142)}{0.539(\pm 0.317) + RE_P} \quad [9]$$

The r^2 for this equation was 0.963, showing a good fitness of the model. Each experiment generates only one point for the model development, thus sex and breed effect were not tested in this phase. However, the k_g was modeled in function of RE_P and using the individual data, it was possible to predict RE_P as a function of RE_C .

The principal nutrient requirements systems (ARC, 1980; AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007) use diet ME information to predict k_g . However this method may not be adequate in few occasions, especially when the diet is not known by those who want to predict the nutrient requirements of the animal. In this case, an interactive method is necessary in order to determine the k_g , by choosing empirically an initial value for [ME].

Furthermore, using the present database and the model suggested by the NRC (2000), it was possible to predict k_g using [ME] and compare with those predicted and observed values. The analysis showed differences between estimated and observed values ($P = 0.0158$; Mayer et al., 1994). The r^2 of the observed values in function of predicted was 0.007 and the accuracy was 0.576 (Lin, 1998). This lack of precision was also observed when estimated the concordance correlation coefficient (**CCC**; Lin, 1989). The estimated value (0.134) was far from one, which is expected in models that have good accuracy and precision.

As is shown in the Figure 4, the model of Garrett (1980b), adopted by the NRC (2000), is good to predict value of k_g below 0.40, but in general it underpredicts the values of k_g . The root mean square error of prediction (**RMSEP**; Bibby and Toutenburg, 1977) was 0.115, which can be a big error, considering that k_g could range from 0.20 to 0.60. The analyses also showed that this error is mainly due random error (66.04%), but an important fraction occurred due bias in the model (30.05%).

Johnson et al. (1977) also reported that in high [ME], the ME_g could be underestimated. The authors suggested yet, that this model might have problems in diets, or feeds, with digestible energy below 0.40. No correlation was found between k_g and [ME] ($P = 0.636$) using the database of this study.

These models have also problems in cases which the nutrient requirements are needed and the information about the diet is still not available. This happens in practical conditions, where the consultant first needs the information of the herd as a decision support to determine the feed that should be bought to that ranch or

farm. Thus, it is not possible to estimate the nutrient requirements of the cattle without knowing the k_g , because it depends on the diet information.

Geay (1984) suggested that differences in protein and fat metabolism may influence the metabolizable energy requirements. Furthermore, Williams and Jenkins (2003) postulated that k_g could be estimated based on the fat and protein deposition, because fat deposition is more efficient than protein deposition. The CSIRO (2007) defined the protein and fat deposition as fixed values of 45 and 75%, respectively.

Using a model similar to that presented by this work, but based on protein and fat efficiency of deposition of 20 and 75%, respectively, Williams and Jenkins (2003) suggested the Eq. [10] to estimate k_g .

$$k_g = \frac{3}{4 + 11 \times REp} \quad [10]$$

Comparing the observed values with those estimated by Williams and Jenkins (2003) model, a good correlation was observed between predicted and observed values. According to Mayer et al. (1994), predicted and observed values were not different ($P = 0.106$), but some lack of precision ($r^2 = 0.238$) was still found. The accuracy was good ($Cb = 0.891$) and the CCC was still not good (0.468), probably due the low precision of the model. Therefore, the RMSEP was better than that observed by the Garret (1980b) model (0.095), and this error can be counted mainly due random errors (78.92%).

It is important to make clear that both equations (Garret, 1980; Williams and Jenkins, 2003) evaluated were developed using *Bos taurus* crossbreds and purebreds and this could be determinant in terms of body composition and

influence on protein and fat deposition (Berg and Butterfield; 1968; Geay, 1984; Nour and Thonney, 1994).

Due to small number of replications (experiments), the model developed for k_g in this paper did not test sex and breed effects, and as the model was based on the REp, it was necessary to develop a model to predict REp. As the development of this model used individual data, it was possible to test breed and sex effects, which could directly influence on the k_g .

The meta-analysis of REp indicated no breed effect on the parameters a ($P = 0.729$) and b ($P = 0.693$), and also no sex effect on parameters a ($P = 0.610$) and b ($P = 0.266$). Three experiments were excluded from the database in this analysis because they failed to provide reliable information. The Akaike Information Criteria was -1670 and the r^2 was 0.975. Therefore, one overall equation was developed for REp:

$$REp = 1.1404(\pm 0.033) \times \left(\frac{RE}{EWG} \right)^{-1.137(\pm 0.035)} \quad [11]$$

These results clearly indicated that neither sex nor breed affect the retention of energy as protein (Figure 5). Only *Bos indicus* and crossbreds were present in the database, thus it is still necessary to further evaluate differences between *Bos taurus* and *Bos indicus*.

The REp was also modeled as shown in Eq. [7], but the Eq. [11] was chosen because of the higher AIC (-1958) found when the Eq. [7] was fitted.

Tedeschi et al. (2004) also developed a model to predict REp based on REc, but they fitted an exponential model for that (Eq. [12]). The analysis between the observed data of the present work and those estimated by Eq. [12] indicated that they were different ($P < 0.0001$). However, the model had good precision ($r^2 =$

0.785), accuracy (Cb = 0.986) and CCC (0.874). Also the low RMSEP (0.063) indicate that the model is good and can be used without restriction, once the actual model proved that neither sex or breed have effect on REp. That could also be a reason for even using different breeds, the actual and Tedeschi et al. (2004) model's provided good predictions.

$$REp = 0.0554 + 1.6939 \times e^{-0.557 \times \frac{RE}{EBG}} \quad [12]$$

Following the same tendency of Tedeschi et al. (2004), Chizzotti et al. (2008) used a database of Nellore and crossbreds animals to predict nutrient requirements for *Bos indicus* cattle. All data from these authors are present in the database of this work (N = 329). Therefore, the REp estimated by the equation proposed by Chizzotti et al. (2008) had an even better fitness than that observed by Tedeschi et al. (2004), with a r^2 of 0.790, accuracy of 0.997 and CCC of 0.887.

However, Chizzotti et al (2008) used the same model described by Tedeschi et al. (2004) to develop a model to predict k_g for *Bos indicus* and its crossbreds with *Bos taurus*. This way, instead of using 25 and 75% for k_p and k_f respectively, the authors used the values found with their database of 34 and 79%, respectively. Therefore, the model proposed by Chizzotti et al. (2008) tended to have an even greater overprediction of k_g values. The evaluation of the model showed that the predicted and observed values of k_g strongly differed ($P < 0.0001$), with an r^2 of 0.248, accuracy of 0.276 and CCC of 0.148. The RMSEP was 0.197, with almost all of it due to a bias in the model (81.65%).

In order to explain the variation in the models developed for k_g , the data base was split in five range of EBG. Each group was used to estimate different k_f

and k_p according to their range of EBG. The model used to fit the k_f and k_p was the Williams and Jenkins (2003) model shown in Eq. [13].

$$MEI = \beta_0 + \beta_1 \times dPRO + \beta_2 \times dFAT \quad [13]$$

Where MEI is the ME intake (Mcal/EBW^{0.75}); dPRO and dFAT are the RE (Mcal/EBW^{0.75}) as protein and fat, respectively; The intercept (β_0) was assumed to be the estimate of the MEm, and the coefficients β_1 and β_2 represented the amounts of ME required to deposit 1 Mcal of ME as fat or protein, respectively. The efficiencies of RE as fat and protein (k_f and k_p , respectively) were calculated as the inverse of the coefficients β_1 and β_2 , respectively.

All negative values of dPRO and dFAT were excluded from the database and the results of the estimated parameters in each range of EBG are shown in the Table 2. The heat produced by the animal from MEI is a result of voluntary activities, basal metabolism, thermal regulation and product formation (NRC, 1981). Voluntary activities, basal metabolism and thermal regulation might be equal between animal in gain and maintenance. However, those animals in production may have a greater heat production because of the heat produced during the formation of products (meat, milk, wool). Using this logic, as the animal increases production, the heat production is also increased, thus increasing the MEm.

Based on the values of MEm estimated by the model and the respective values of k_f and k_p , it was possible to see that as the gain increases, the MEm increases, but also the k_f and k_p increases in linear tendencies. Based on the mean value of MEm, k_f and k_p the equations [14], [15], and [16] were developed to predict them by the EBG.

$$ME_m = -33.998 \times EBG^2 + 96.035 \times EBG + 98.534 \quad [14]$$

$$K_f = 0.1836 \times EBG + 0.691 \quad [15]$$

$$K_p = 0.1764 \times EBG + 0.198 \quad [16]$$

By the Eq. [14], it is clear that in animals not gaining weight, the MEm would be 98.53 kcal/EBW^{0.75}. Using Eq. [8] to set the MEI equal do HP using an interactive method, the MEm would be 122.29 kcal/EBW^{0.75}. Both values are similar and agree with data from NRC (2000), of 118 kcal/EBW^{0.75}, for steers and heifers. For bulls, the NRC (2000) suggested requirements 15% greater, being the final MEm equal to 136 kcal/EBW^{0.75}. Valadares Filho et al. (2006), developed models to predict the nutrient requirements for *Bos indicus* and found a MEm of 123.9 kcal/EBW^{0.75}. The same way as in the present work, the authors have not found any differences in MEm for bulls, steers and heifers.

Similar results as shown by Eq. [14] were found by Frich and Vercoe (1977), where the fasting metabolism was increased when greater EBG were achieved. The authors also studied breed effects in this tendency, but no significant breed effect was evidenced between *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbreds.

The behavior in Figure 6 shows that using the method described by Williams and Jenkins (2003), would provide a not constant value of MEm, as well as k_f and k_p . If that is correct, the method described by Lofgreen and Garret (1968) using the HP and MEI to predict a fixed MEm should be better understood. Garrett (1980b) also suggested that animals in greater EBG might have greater MEm and Boisclair et al. (1994) found that the protein turnover increases when the animal achieves greater rates of gain, thus increasing the maintenance.

According to Garret (1980a), the MEm in fasting animal should be constant, and then agreeing with Lofgreen and Garret (1968) model. Williams and Jenkins (2003) suggested that heat production of products (H_iE_g) should be split in heat production for energy deposit (H_iE_r) and heat production for support metabolism (H_iE_v). During a development for a model to predict k_g based on Eq. [2], as done in Eq. [9], all H_iE_g is accounted on k_g . On the other hand, when k_g is based on values of k_f and k_p (Williams and Jenkins, 2003; Chizzotti et al, 2008), only H_iE_r is accounted in k_g , because this model would be based on efficiency of tissue deposition.

This can explain why the models used by Williams and Jenkins (2003) and Chizzotti et al. (2008) are overpredicting the k_g . What could be happening is that if you use a fixed MEm, the increasing in the MEm due growth will be computed in the k_g , in other words, the H_iE_v is computed in the MEg when you calculate it as $MEg = MEI - MEm$, thus decreasing the k_g .

Therefore, when you use the k_f and k_p to compute the k_g , you cannot consider a fixed MEm, because this way the H_iE_v will not be accounted in the requirements, and the animal will be underfed, and as shown in Figure 6, these tendency becomes worst as the animal is more productive.

In this case, the amount of H_iE_v should be added in MEm, thus making this variable not constant and crescent as the gain increases. Using this idea, considering an animal with EBG of 1.00 kg/day and the Eq. [14], it would have a MEm of $113 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$ and a H_iE_v of $41.61 \text{ kcal/EBW}^{0.75}$.

The Eq. [15] and [16] show that as the EBG increases, the efficiency of use of ME for tissue formation also increases, making the H_iE_v produced per kilo of deposited tissue smaller as the gain increases. This way, the percentage of MEI directed to HP tend to decrease with the increasing in gain, supporting the idea that efficiency of use of ME to RE increases when the EBG increases.

However, when the k_g is modeled using Eq [1], a fixed value for MEm should be used, because H_iE_v is included in k_g , making smaller the value of k_g found. A k_g not fixed also support the idea that H_iE_v depends on the gain, once the k_g is dependable of REp, and REp is dependable of RE in gain. In this case, the estimative of MEm should be calculated from the same theoretical model or from a derivation of that model. If k_g and MEm were estimated from different theoretical models, based on different regards, it could induce errors in estimative of MEI, once, as demonstrated above, animal HP might not be totally accounted.

Partial efficiency of use of ME to NEm (k_m)

Garrett (1959) suggested that the maintenance would be a function of body size, however, the results found in this work shows that this idea can be wrong between net and metabolizable maintenance requirements.

Garrett and Johnson (1983) showed that k_m and k_g are correlated between them and both increases when the corn concentration in the diet increases. This results follows the idea that [ME] could influence k_g and k_m , but as, usually when you have greater [ME], or proportion of concentrate in the diet, grater EBG are achieved, this idea also agrees with that EBG might affect the maintenance requirements.

The analysis of present database demonstrate strong correlation between k_m and k_g (0.618; $P < 0.0001$), EBG (0.731; $P < 0.0001$), concentration of energy in body weight (0.530; $P = 0.001$); ADG (0.578; $P < 0.0001$); u (0.328; $P = 0.044$). No significant correlation was detected between k_m and [ME] (0.116; $P = 0.501$); NEm (-0.189; $P = 0.256$); EBW (0.234; $P = 0.157$) and $EBW^{0.75}$ (0.221; $P = 0.182$).

Therefore linear and quadratic effects of all the variables that were significant correlate with k_m were included in a stepwise procedure to predict k_m . The stepwise determined that linear effects of EBG and k_g should the variables to be included in the multiple regression.

Despite the correlation analysis have shown that maturity level (u) could influence the k_m , the stepwise procedure didn't indicate that u should not be used to predict k_m ($P = 0.034$). However the low value of *P-value* strongly suggests that this subject should be further analyzed.

The prediction equation of k_m was then modeled using k_g , and EBG as independent variables. No sex effect was observed in the intercept ($P = 0.564$), k_g coefficient ($P = 0.357$) and EBG coefficient ($P = 0.064$), and there were also no breed effects on intercept ($P = 0.232$) and k_g coefficient ($P = 0.054$). However, the breed affected the EBG ($P = 0.016$), as represented by the k_m equation shown in Eq. [17].

$$k_m = 0.513(\pm 0.024) + 0.173(\pm 0.061) \times k_g + a \times EBG \quad [17]$$

Where a is either 0.100(± 0.021) or 0.073(± 0.021) for *Bos indicus* or crossbreds, respectively.

Despite there was not breed effect on NEm, as already shown above, the Eq. [17] may introduce a new idea of how the breed may influence maintenance.

The NRC (2000) suggests that *Bos indicus* might have 10% less NEm than *Bos taurus*, but the Eq. [17] indicated that this difference may not be exactly in the NEm, but *Bos indicus* may be more efficient in use MEm than *Bos taurus*. Taylor et al. (1986) and Carstens et al. (1989) also found that genetic differences may affect k_m rather than NEm. However this work didn't compute any data from *Bos taurus* purebred, and it is highly recommendable a study in this subject.

Garrett (1980a) suggested that body composition and plane of nutrition should affect the k_m and the Eq. [17] might support this idea, because the k_g is influenced by body composition, or the gain composition, and the EBG is affected by the plane nutrition. The author also suggested that protein turnover may be responsible for part of the variation in k_m , and that the differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* may explain part of the protein turnover influence.

Therefore, according to Eq. [17], *Bos indicus* cattle could have less protein turnover than crossbreds, which would explain why they are more efficient in using MEm. Despite there were not found any work in literature proving this theory, Lobley et al. (2000) suggested that animals with less protein turnover could have worst meat quality (tenderness), and there are several trials (Whipple et al., 1990; Shakelford et al., 1991; Restle et al., 1999) showing that *Bos indicus* cattle have greater share force, in other words less tender, than *Bos taurus*.

Although the analysis in this work did not split crossbreds in British and continental crosses with *Bos indicus*, Lobley et al. (2000) found differences in protein turnover between Aberdeen Angus (a British breed) and Charolais (continental breed), suggesting that the breed effect could not be accounted only for differences between *Bos indicus* and *Bos taurus*.

The values of k_m in this study were based on the relation NEM/ME_m , and the value of ME_m was obtained to direct the H_iE_g to k_g . This affirmation supports the fact that increasing the EBG, a smaller ME_m would be found, once the H_iE_v in this case is accounted in k_g . Thus, the ME_m calculated using this model is different from the ME_m calculated using Eq. [14], where in that case there is an increasing in ME_m when the gain also increases. These differences happen because of differences between HP in the theoretical models.

The positive relationship between k_g and k_m might be a consequence of the greater efficiency of use of MEI in an animal with greater energy deposition as fat, once the deposit of this kind of tissue is energetically more efficient than energy deposition as protein ($k_f > k_p$). This results in a smaller HP of product formation during fat deposition, which happens because this k_m model absorbs the amount of H_iE_g .

The use of this model for k_m is linked to the use of the model presented for k_g in Eq. [9], and not the models described in Eq. [15] and [16], once errors might occur in the fractioning of HP, as discussed above. The use of the ME_m shown in Eq. [14] should be done concomitant to the use of a k_g model based on Eq. [15] and [16].

The most used nutrient requirement systems (AFRC, 1993; NRC, 2000; CSIRO, 2007) use the [ME] to predict k_m , making it increase when the [ME] increases. The CSIRO (2007) suggest that some factors also affect the ME_m as sex, breed, weight, age, MEI and HP spent during grazing activities, and thermal regulation. However, these factors are included in the calculus of ME_m , and not k_m .

In this study, there was no correlation between [ME] and k_m (0.116, $P = 0.501$), not confirming the idea of the systems cited above. However, as discussed for k_g , it is always better to have a model to predict k_g and k_m without the needing of information about [ME], once these data are not always available to predict the nutrient requirements of animals.

The system proposed by Valadares Filho et al. (2006) does not take into account a variable to predict k_m because it uses a fixed value of MEm of 108.4 kcal/EBW^{0.75} that was estimated based on 187 animals raised on tropical conditions. Chizzotti et al. (2008) updated these studies with a database of 389 animals and suggested a fixed value for k_m of 0.67 and a fixed MEm of 112 kcal/EBW^{0.75}.

CONCLUSIONS

In conclusion, the partial efficiency of use of metabolizable energy for maintenance and gain can be accurately predicted using the percentage of retained energy as protein and empty body gain. However, it is important to observe the assumptions when estimating K_m and K_g , because it could lead to over-accounting or under-accounting of the changes in the energy requirements due increasing in gain. Furthermore, the [ME] did not produce good predictions of K_m and K_g for the actual database.

LITERATURE CITED

- AFRC. 1993. Energy and protein requirements of ruminants. Agricultural and Food Research Council. CAB International, Wallingford, UK.
- ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Agricultural Research Council. The Gresham Press, London.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1968. Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *Journal Animal Science* 27: 611-679.
- Bibby, J., and H. Toutenburg. 1977. Prediction and improved estimation in linear models. John Wiley & Sons, Berlin, Germany.
- Blaxter, K. L., J. L. Clapperton, and F. W. Wainman. 1966. Utilization of the energy and protein of the same diet by cattle of different ages. *Journal of Agricultural Science* 67: 67-75.
- Boisclair, Y. R., D. E. Bauman, A. W. Bell, F. R. Dunshea, and M. Harkins. 1994. Nutrient utilization and protein turnover in the hindlimb of cattle treated with bovine somatotropin. *Journal of Nutrition* 124: 664-673.
- Carstens, G. E., D. E. Johnson, K. A. Johnson, S. K. Hotovy, and T. J. Szymanski. 1989. Genetic variation in energy expenditures of monozygous twin beef cattle at 9 and 20 months of age. In: Y. Van der Honing and W. H. Close (eds.) Symposium of energy metabolism of farm animals No. II. p 312-315. Pudoc Wageningen, Lunteren-Netherlands.
- Chizzotti, M. L., L. O. Tedeschi, and S. C. Valadares Filho. 2008. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of nellore cattle. *Journal of Animal Science* 86: 1588-1597.
- CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Collingwood, VIC.
- Frisch, J. E., and J. E. Vercoe. 1977. Food intake, eating rate, weight gains, metabolic rate and efficiency of feed utilization in *bos taurus* and *bos indicus* crossbred cattle. *Animal Production* 25: 343-358.
- Fuller, W. A. 1987. Measurement error models. John Wiley and Sons, New York.
- Garrett, W. N. 1980a. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *Journal of Animal Science* 51: 1434-1440.
- Garrett, W. N. 1980b. Energy utilization by growing cattle as determined in 72 comparative slaughter experiments. In: Proceedings of Energy Metabolism, 8, Cambridge. p 3-7.
- Garrett, W. N., and D. E. Johnson. 1983. Nutritional energetic of ruminants. *Journal Animal Science* 57: 478-497.
- Geay, Y. 1984. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science* 58: 766-778.
- Johnson, D. E., E. M. Larson, and M. J. Jarosz. 1997. Extrapolating from me to ne: Unintended consequences. In: Proceedings of Energy Metabolism of Farm Animals, 14, Newcastle. p 383-386.

- Lin, L., and L. D. Torbeck. 1998. Coefficient of accuracy and concordance correlation coefficient: New statistics for methods comparison. *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology* 52: 55-59.
- Lobley, G. E., D. M. Bremner, and G. Zuur. 2000. Effects of diet quality on urea fates in sheep as assessed by refined, non-invasive [¹⁵N¹⁵N]urea kinetics. *British Journal of Nutrition* 84: 459-468.
- Lofgreen, G. P., and W. N. Garrett. 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science* 27: 793-806.
- Mayer, D. G., M. A. Stuart, and A. J. Swain. 1994. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. *Agricultural Systems* 45: 93-104.
- Nour, A. Y. M., and M. L. Thonney. 1994. Technical note: Chemical composition of angus and holstein carcasses predicted from rib section composition. *Journal of Animal Science* 72: 1239-1241.
- NRC. 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Academy Press, Washington, DC.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. updated 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Restle, J., F. N. Vaz, A. R. B. Quadros, and L. Müller. 1999. Carcasses and meat characteristics from steers of different of hereford x nellore genotypes. *Revista Brasileira de Zootecnia* 28: 1245-1251.
- Shackelford, S. D., M. Koohmaraie, M. F. Miller, J. D. Crouse, and J. O. Reagan. 1991. An evaluation of tenderness of the longissimus muscle of angus by hereford versus brahman crossbred heifers. *Journal Animal Science* 69: 171-177.
- Taylor, S. C. S., R. S. Thiessen, and J. Murray. 1986. Inter-breed relationship of maintenance efficiency to milk yield in cattle. *Animal Production* 43: 37-61.
- Tedeschi, L. O. 2001. Development and evaluation of models for the cornell net carbohydrate and protein system: 1. Feed libraries, 2. Ruminant nitrogen and branched-chain volatile fatty acid deficiencies, 3. Diet optimization, 4. Energy requirement for maintenance and growth. Ph.D. Dissertation, Cornell University, Ithaca, NY.
- Tedeschi, L. O. et al. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of nellore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal of Animal Science* 80: 1671-1682.
- Tedeschi, L. O., D. G. Fox, and P. J. Guioy. 2004. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agricultural Systems* 79: 171-204.
- Tedeschi, L. O., D. G. Fox, and P. H. Doane. 2005. Evaluation of the tabular feed energy and protein undegradability values of the National Research Council nutrient requirements of beef cattle. *Prof. Anim. Scient.* 21:403-415

- Van Soest, P. J., and D. G. Fox. 1992. Discounts for net energy and protein. Pages 40-68 in Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Rochester, NY. Cornell University, Ithaca, NY
- Valadares Filho, S. C., P. V. R. Paulino, and K. A. Magalhães. 2006. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - br corte. 1 ed. Suprema Grafica Ltda, Viçosa, MG, Brazil
- Vermorel, M., and H. Bickel. 1980. Utilisation of feed energy by growing ruminants. Annales de Zootechnie 29: 127-143.
- Whipple, G. et al. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *bos taurus* and *bos indicus* cattle. Journal Animal Science 68: 2716-2728.
- Williams, C. B., and T. G. Jenkins. 2003. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. III. Model evaluation. Journal of Animal Science 81: 1390-1398.

Table 1 – Database description

Items	EBWi	EBWf	SBWi	SBWf	EBG	ADG	MEI	RE
Pasture (5 studies, n = 99)								
Mean	271	305	309	350	0.32	0.42	14.13	1.13
sd	43.1	50.1	47.2	55.3	0.35	0.36	4.36	1.13
Min	176	160	212	232	-0.55	-0.54	5.34	-1.18
Max	363	438	409	489	0.86	1.13	24.32	3.48
Feedlot (21 studies, n = 662)								
Mean	260	355	300	399	0.82	0.85	16.52	3.63
sd	50.0	74	57.6	82.3	0.45	0.47	5.39	2.31
Min	113	137	134	157	-0.55	-0.54	4.92	-1.30
Max	385	506	467	585	2.30	2.25	36.65	14.09
Nellore (21 Studies, n = 391)								
Mean	250	337	287	378	0.77	0.79	15.82	3.54
sd	50.2	66.2	58.6	72.5	0.39	0.40	5.04	2.25
Min	113	137	134	157	-0.21	-0.18	4.92	-1.30
Max	358	470	438	533	2.30	2.25	36.65	14.09
Nellore x British <i>Bos taurus</i> (4 studies, n = 81)								
Mean	246	360	287	404	1.06	1.05	17.51	4.64
sd	51.9	73.6	53.8	79.2	0.51	0.58	6.53	2.59
Min	150	175	194	187	-0.18	-0.36	5.96	-0.48
Max	385	506	434	552	2.04	1.93	29.79	9.53
Nellore x continental <i>Bos taurus</i> (9 studies, n = 187)								
Mean	287	392	330	440	0.81	0.87	17.56	3.39
sd	36.6	76.8	44.2	87.2	0.51	0.50	5.35	2.18
Min	202	205	215	220	-0.55	-0.54	6.17	-1.18
Max	371	499	467	585	1.53	1.90	29.25	7.92
Bulls (18 studies, n = 402)								
Mean	262	367	304	415	0.86	0.89	16.83	3.44
sd	47.4	71.9	56.5	80.0	0.46	0.44	5.33	2.27
Min	130	160	151	210	-0.55	-0.54	4.92	-1.30
Max	371	499	467	585	2.30	2.25	36.65	14.09
Heifers (5 studies, n = 90)								
Mean	222	299	249	330	0.77	0.80	15.33	3.66
sd	49.4	72.4	51.1	80.4	0.45	0.53	5.99	2.19
Min	113	137	134	157	-0.18	-0.31	4.94	-0.48
Max	311	443	342	494	1.73	1.75	28.89	7.65
Steers (9 studies, n = 171)								
Mean	276	357	316	398	0.77	0.77	16.41	4.03
sd	45.8	66.8	48.4	68.7	0.45	0.46	5.12	2.41
Min	156	193	197	234	-0.21	-0.36	7.27	-0.83
Max	385	506	434	552	1.64	1.72	29.79	9.53

Table 2: Description of division of database to estimate MEm, K_f and K_p in four ranges of EBG

EBG			N	MEm	K_f	K_p	r^2
Min	Max	Mean		Kcal/EBW ^{0.75}	%	%	
-0.164	0.395	0.205	61	117.29	72.12	23.90	0.287
0.417	0.794	0.643	103	144.39	80.33	29.34	0.308
0.802	1.199	0.995	178	162.34	90.66	39.39	0.343
1.204	2.304	1.400	109	165.76	92.85	43.85	0.222

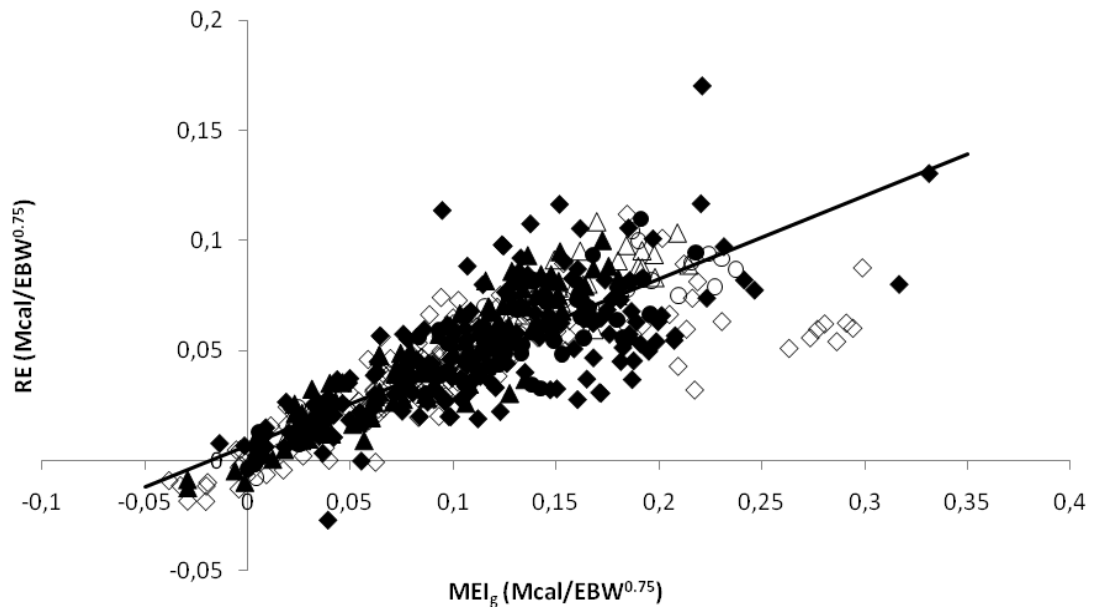


Figure 1: Relationship between ME intake for gain (MEI_g) and retained energy (RE). Symbols are data from Bulls (\blacktriangle , \triangle), Steers (\diamond , \blacklozenge), and Heifers (\circ , \bullet). Solid dots represents animals *Bos indicus*, and empty dots represents crossbreds.

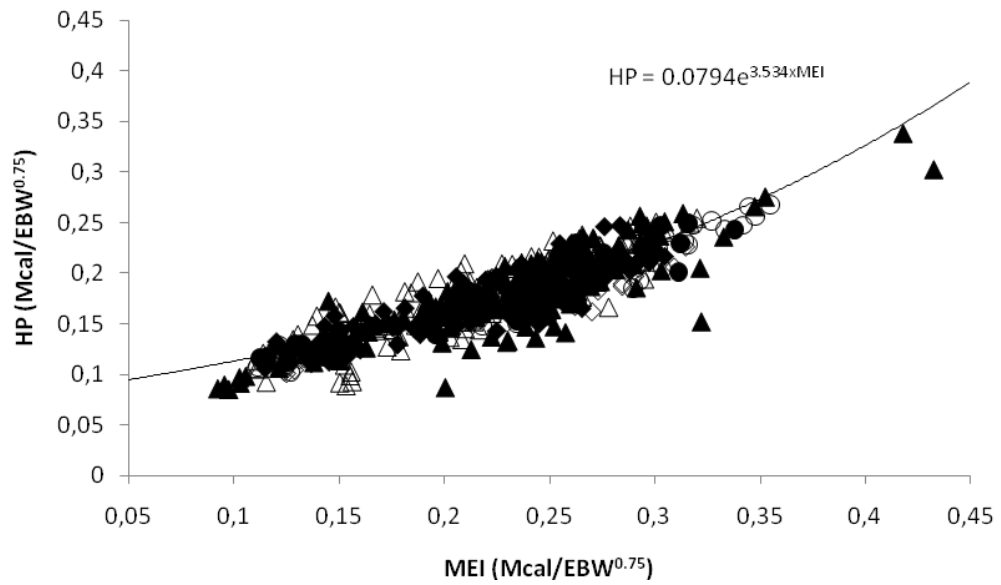


Figure 2: Relationship between heat production (HP) and ME intake (MEI). Symbols are data from Bulls (▲, △), Steers (◊, ◆), and Heifers (○, ●). Solid dots represents animals *Bos indicus*, and empty dots represents crossbreds.

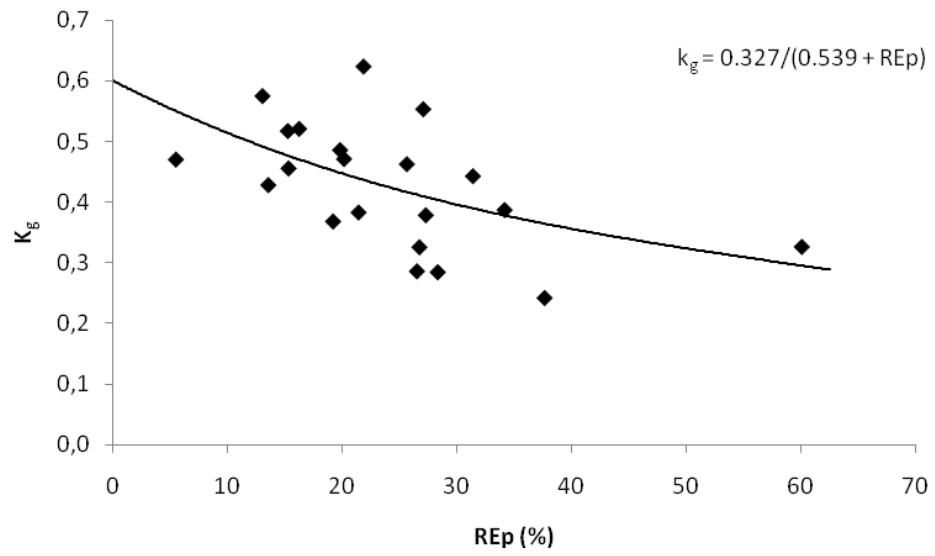


Figure 3: Relationship between partial efficiency of use of metabolizable energy for gain (k_g) and the retained energy as protein (REp). $k_g = 0.327 / (0.539 + REp)$.

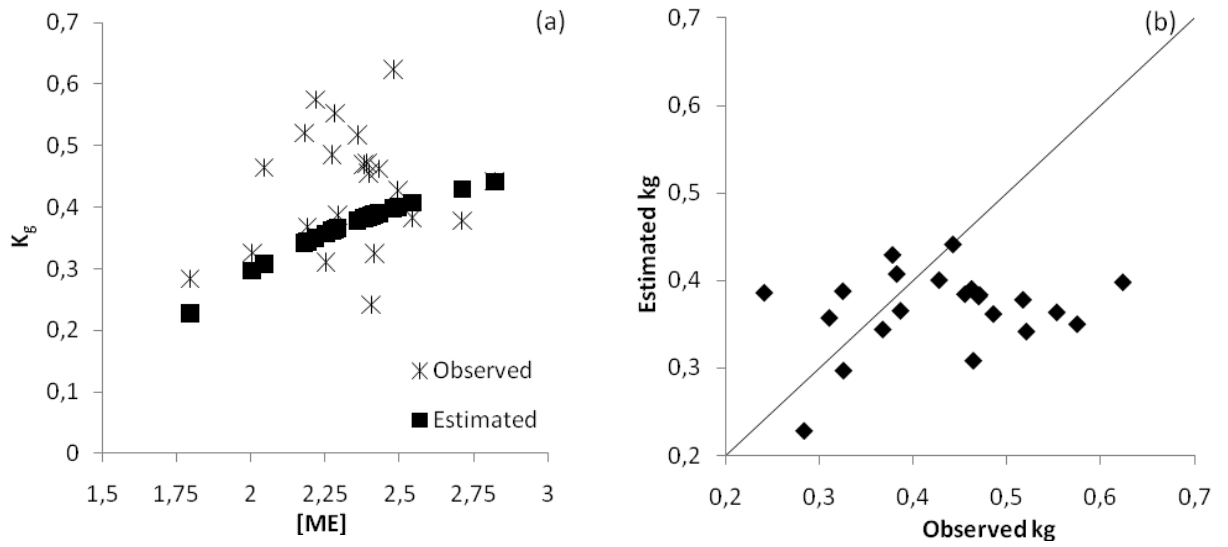


Figure 4: Relationship between efficiency of use of metabolizable energy for gain (K_g) and concentration of ME in the diet ([ME]) observed within study and estimated within study by the equation: $K_g = (0.0122 \times ME^3 - 0.174 \times ME^2 + 1.42 \times ME - 1.65)/ME$ (Garrett, 1980) (Figure a); and relationship between observed values of K_g within study and estimated values using the equation suggested by Garret (1980) (Figure b).

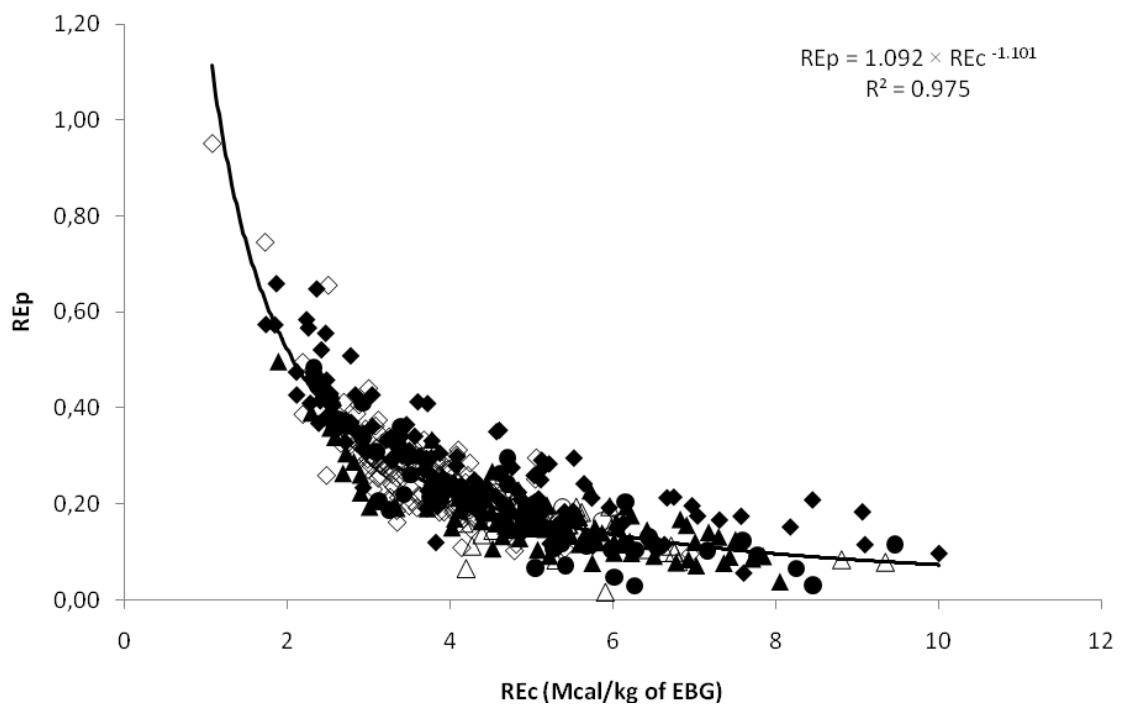


Figure 5: Relationship between percentage of retained energy as protein (REp) and concentration of retained energy in gain (REc). Symbols are data from Bulls (▲, △), Steers (◊, ◆), and Heifers (○, ●). Solid dots represents animals *Bos indicus*, and empty dots represents crossbreeds.

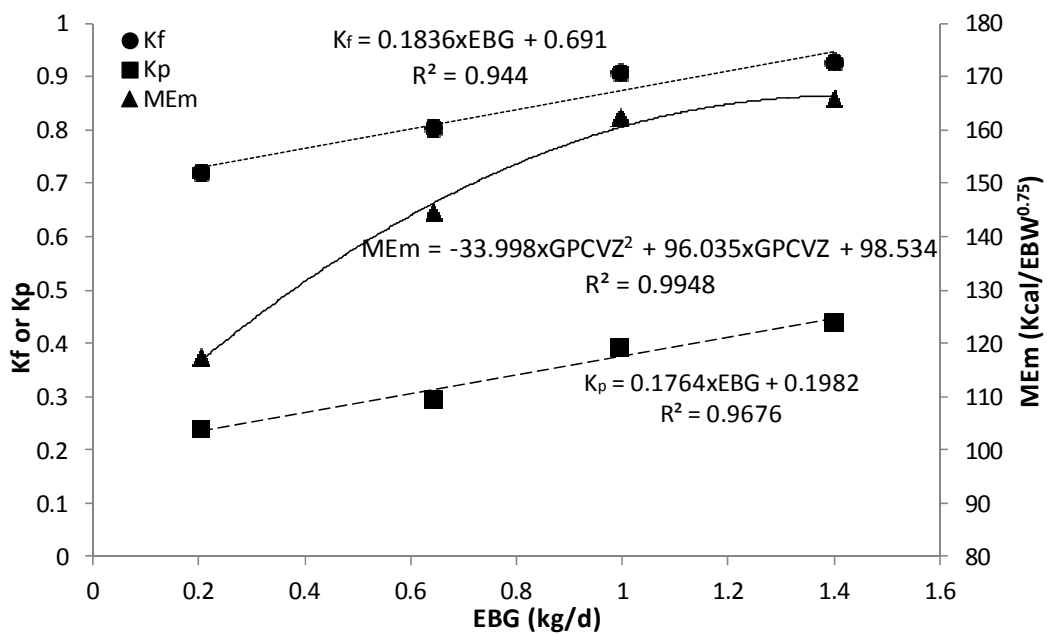


Figure 6: Relationship between efficiency of the energy retained as protein (Kp, ▲) and as fat (Kf, ●) and maintenance requirements for maintenance (MEm, ■) in function of empty body gain (EBG).

Abstract: The aim of this study was to understand the growth development in the EBW and chemical composition of EBW, soft tissue and bone, and to determine an objective way to define maturity of Nellore cattle. A database containing carcass and body compositions of 249 animals from 11 studies was used. There were 63 intact males, 105 steers, and 81 heifers of which all were Nellore. Power regressions were used to predict body water, CP and ash. For EE, an exponential model was used to fit the data. The maturity was defined as the point where no significant accretion of protein in the fat free dry matter (FFDM) was observed. The soft tissue water (ST_W) was regressed on Logistic, Gompertz models, and brake lines models and the analysis of bone chemical composition was conducted using an exponential model. Sex effect was evident on empty body water and ether extract, therefore, this effect was not included in analysis of fat free dry-matter, evidencing that maturity is more correlated with breed than sex. The exponential model suggest that Nellore cattle reach maturity with 445 kg and linear plateau suggest that maturity is reach with 428.5 kg, therefore a value of 437 kg was settle for maturity in Nellore cattle. A high relationship between water in soft tissue (ST_W) and soft tissue ether extract (ST_{EE}) was observed ($ST_{EE} = 0.920 - 1.147 \times ST_W$), however the soft tissue was not a good predictor of maturity, because it is too dependent on the diet. The bone chemical composition analysis showed that ether extract, water and ash becomes constant between 400 and 500 kg of EBW, and that CP in bones is constant (19.1%). These data also suggest that bone composition could be a good predictor of maturity; however with the high variability in database, it was not possible to determine a weight where these components become constant with a reliable precision. It can be concluded that Nellore cattle reaches maturity with 437 kg of EBW and that CP in FFDM and CP, water and ash in bones are good predictor of maturity, however soft tissue composition cannot be used to predict maturity.

Crescimento e maturidade de bovinos Nelore

Resumo: Foi objetivado com esse estudo entender o crescimento do peso de corpo vazio e sua composição corporal, tecido mole e ossos, e determinar uma forma objetiva de estimar a maturidade em animais Nelore. Foi utilizado um banco de dados de 249 animais, provenientes de 11 estudos. Havia 63 machos inteiros, 105 machos castrados e 81 fêmeas. Regressões potenciais foram utilizadas para prever conteúdo de água, proteína bruta e cinzas no corpo vazio. Para extrato etéreo foi utilizado um modelo exponencial para ajustar os dados. A maturidade foi definida como o ponto onde não foi evidenciado acréscimo significativo de proteína na matéria seca desengordurada (MSD) do peso de corpo vazio. A água presente no tecido mole (TM_A) foi estudada pelos modelos Logístico, Gompertz e Brake line e a análise da composição química dos ossos foi realizada por meio de regressões exponenciais. Foi observado efeito de sexo sobre a água e extrato etéreo no corpo vazio, portanto, este efeito não foi considerado nas análises realizadas na MSD, evidenciando que a maturidade está mais correlacionada com a raça que com sexo. O modelo exponencial sugeriu que animais Nelore atingem a maturidade com 445 kg de peso de corpo vazio (PCVZ) e o modelo de platô linear sugeriu que a mesma é atingida com 428,5 kg, assim, foi definido o valor de 437 kg para a maturidade de animais Nelore. Foi observada alta relação inversa entre a água no tecido mole (TM_A) e o extrato etéreo no tecido mole (TM_{EE}) ($TM_{EE} = 0,920 - 1,147 \times TM_A$), entretanto o tecido mole não foi considerado um bom preditor da maturidade porque sua variação no corpo é dependente da dieta. O estudo da composição química dos ossos mostrou que extrato etéreo, água e cinzas se tornaram constantes entre 400 e 500 kg de PCVZ, e que a proteína bruta é constante (19,1%). Esses dados sugerem que a composição dos ossos pode ser um bom preditor da maturidade, entretanto, com a alta variabilidade dos dados, não foi possível determinar com precisão o peso em que esses componentes se estabilizam. Pode-se concluir que animais Nelore atingem a maturidade com 437 kg de PCVZ e que a proteína bruta na MSD do PCVZ e proteína, água e cinzas nos ossos são bons preditores da maturidade, entretanto a composição TM não pode ser utilizada como forma de prever a maturidade.

INTRODUCTION

Most of the research on growth was concentrated on relative growth instead of growth curves (Trenkle and Marple, 1983). These studies were important; however the studies of growth curves may introduce analysis like growth rates and estimation of mature size (Trenkle and Marple, 1983), which could improve significantly the understanding of cattle management.

Important work was done relating growth with age (Brown et al., 1976; Menchaca et al., 1996), but the development of nutrition gave to the manager the possibility to change rate of gain and, furthermore, change the growth curve of the herd. The evolution of weight gain might be important for certain purposes, but partitioning this gain is essential when evaluating efficiency of the produced beef. (Arnold and Bennett, 1991). Information which would demonstrate changes in body with aging is lacking, and no information with *Bos indicus* cattle is available.

Arnold & Bennett (1991) studied a model proposed by Sanders & Cartwright (1979a, b) and suggested a mature empty BW (**EBW**) of 517 kg for bulls, 520 kg for steers and 315 kg for heifers in medium frame size breeds (Hereford-Shorthorn). Also with medium frame-size animals (Angus-Hereford), a model proposed by Oltjen et al. (1986) suggested a maturity EBW of 450 kg for steers. This difference might be important, once most of the systems (NRC, 2000; CSIRO 2007) are taking in account the maturity to correct the animal nutrient requirements. Therefore, the maturity should be more understood and a less empirical way to determine it should be developed in order to decrease the discrepancy between different models when estimating it. According to Taylor et

al. (1980), analyzing input and output variables in relation to maturity instead of metabolic age can be an important way to study it.

Moreover, all changes in body composition should be taken into account, analyzing the development not only of body chemical composition, but the chemical composition of its contents in carcass. Some work was done by Berg and Butterfield (1976), but only with *Bos taurus*.

The aim of this study was to understand the growth development in relating EBW and chemical composition of EBW, soft tissue and bone, and to determine an objective way to define maturity of Nellore cattle.

MATERIALS AND METHODS

Database. A database containing carcass and body compositions of 249 animals from 11 studies was developed from experiments that were conducted at the Universidade Federal de Viçosa (Brazil). In this database, all animals were finished in feedlot conditions. There were 63 intact males (**BU**), 105 steers (**ST**), and 81 heifers (**HE**) of which all were Nellore. The lightest steers had 205 kg, thus steers and bulls were gathered as males for all analysis.

Slaughter and dissections. All experiments followed the same slaughter procedure. Briefly, after 18 h of fasting animals were desensitized with a non-penetrating stunner and killed by exsanguination using conventional humane procedures. The gastro-intestinal tract was cleaned and weighed with other organs to measure empty BW (**EBW**). Carcasses were weighed (hot carcass weight) and stored in a cold chamber (1-4°C) for 18 h and then re-weighed to obtain the chilled

carcass weight. The right carcass was completely dissected into bone, fat, and lean tissues. Samples of lean, fat, and bone from the carcass, head, feet, hide, blood, and organs and viscera were taken to determine carcass and body chemical compositions. After weighing each component, lean and fat were ground and subsamples were obtained by mixing them proportionally. Carcass bones were separated into vertebral, ribs, and long bones. They were sawn into small pieces (5 to 5 cm) and proportionally sub-sampled to compose the total bone sample. The head and feet were separated into hide, bone, and soft tissues. The hide was weighed and its composition was considered equal to the hide sampled from the body. Viscera and organs were ground together and sub-sampled. Blood was sampled during the exsanguination. The hide was sampled and ground.

Except for blood samples, which were dried at 60°C for 72 h, all samples were preliminary dried and partially defatted by washing with petroleum ether, as described by Fernandes et al. (2009). The amount of fat lost during this procedure was computed by weight differences. Then, all samples were ground using a ball mill and analyzed for moisture (method 934.01; AOAC, 1990), protein (method 920.87; AOAC, 1990), ether extract (**EE**; method 920.85; AOAC, 1990), and ash (method 924.05; AOAC, 1990) in order to determine the chemical composition of the carcass, and empty body. The final EE was corrected for the fat lost during the partial defating process.

Regression Analyses

Power regressions were used to predict body water, CP and ash. For EE, an exponential model was used to fit the data. A random coefficients model was

used to identify significant fixed and random effects using the PROC NL MIXED of SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC). Sex (male or female) was tested as a fixed effect and study was tested as a random effect. The critical level of significance was assumed to be 0.05 for fixed effects and 0.20 for random effects.

Then, the equations were used to predict body CP, EE, water and ash, and were expressed as a percentage of body. Furthermore, the CP, water and ashes were expressed in a fat free basis and CP and ash were expressed in a fat free dry matter basis.

The fat free dry matter body CP (BW_{CPFFDM}) was fitted in the model represented by Eq. [1].

$$Y = a \times (1 - b \times e^{-c \times EBW}) \quad [1]$$

Where Y is the BW_{CPFFDM} , a, b, and c are the parameters of the equation and e is the Euler number.

The maturity was defined as the inferior limit of the parameter a, which represents the point where the CP content in the body becomes constant.

The maturity was also estimated by determining the weight where no significant accretion of protein in FFDM was observed in an allometric equation of protein in FFDM and EBW. Therefore the plateau for protein content was estimated using linear plateau to obtain the smallest pooled residuals over two linear regressions:

$$y = \beta_0 + \beta_1 \times EBW, \text{ when } EBW < EBW_{plateau} \quad [2]$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 \times EBW_{plateau}, \text{ when } EBW > EBW_{plateau} \quad [3]$$

Where y is the protein in FFDM (%), and β_0 and β_1 are the intercept and slope of the regression of y on the EBW (kg) and EBW_{plateau} is the EBW in which y reach the plateau.

The soft tissue water (**ST_W**) was regressed on Logistic, Gompertz models, and brake lines models. As used for EBW composition, a random coefficients model was used to identify significant fixed and random effects using the PROC NLMIXED of SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC). Sex was tested as a fixed effect and study was tested as a random effect. The critical level of significance was assumed to be 0.05 for fixed effects and 0.20 for random effects.

The relationship between ST_W and soft tissue EE (**ST_{EE}**), and between soft tissue CP and soft tissue ash and EBW were studied using a random coefficients model with the PROC MIXED of SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC). Sex was tested as a fixed effect and study was tested as a random effect.

The analysis of bone chemical composition was done exponential models. It was also used a random coefficient model with study as a random effect, but sex was not taken account. This procedure was performed using the PROC NLMIXED of SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC).

RESULTS AND DISCUSSION

Analysis of EE in EBW showed sex effect on rate of deposition (β_1) ($P < 0.0001$), evidencing that females deposit fat earlier than males. The intercept analysis showed some problems because the lack of studies with data from animals with less than 100 kg of empty EBW. Therefore, using the results

suggested by the preliminary analysis, would lead to values of EE in an animal with 20 kg of 13.73 and 10.32 kg of EE for females, and males, respectively. However these values are biologically illogical, and to solve this problem an artificial database was created replicating million times the data from the four less heavy animals, to set a fixed intercept for the equation. As in the previous analysis there was not sex effect on the intercept ($P = 0.104$), only one intercept was set for both genders. Thus, the equations to describe the EE development in Nellore cattle are:

$$\text{Female } BW_{EE} = 1.959 \times e^{0.010 \times EBW} \quad [4]$$

$$\text{Male } BW_{EE} = 1.959 \times e^{0.009 \times EBW} \quad [5]$$

Where BW_{EE} is the content of EE in kg, and EBW is the empty BW.

The ARC (1980) suggested that the content in the EBW could be described as a power function ($Y = \beta_1 \times EBW^{\beta_2}$), however the results for BW_{EE} did not produce good results and the exponential model was used.

Trenkle and Marple (1983) indicated that the animal would reach maturity when the body contains 22% of EE. Using Eq. [4] and [5] to determine the amount of EE in the body, it is possible to estimate the animal EBW when it reaches 22% of EE, which would be 374 kg for females and 431 for males.

The model to predict water, based on a power relationship between BW_{CP} and EBW, had a sex effect on both intercept ($P = 0.060$) and rate of growth ($P = 0.057$). The model to predict BW_W is shown in Eq. [6] and [7]. This model shows that the rate of decreasing of BW_W is inversely related with the accretion of ether extract in the body.

$$\text{Female } BW_W = 1.183 \times EBW^{0.872} \quad [6]$$

$$\text{Male } BW_W = 1.900 \times EBW^{0.793} \quad [7]$$

Where BW_W is the content of water in kg, and EBW is the empty BW.

The protein content in EBW respected a power tendency as suggested by ARC (1980) and was not affected by sex on intercept ($P = 0.150$), nor on rate of tissue growth ($P = 0.208$). This results show that the development of protein tissue is equal in males and females and some gender differences found in the literature might be due dilution of water and ether extract content, and not because of differences in protein deposition. Thus, one single equation was fitted to account for BW_{CP} (Eq. [8]).

$$BW_{CP} = 0.350 \times EBW^{0.880} \quad [8]$$

Where BW_{CP} is the content of CP in kg, and EBW is the empty BW.

Furthermore, despite the protein content in the body increases with an increasing in BW, this rate decrease when the animal becomes heavier and tends to stabilize when the animal reach the maturity.

The ash weight in the body had the same behavior as protein, where a power model was fit. Once more the sex did not affect the intercept ($P = 0.650$) and the rate of tissue growth ($P = 0.844$) and one single equation was fit for BW_A (Eq. [9]).

$$BW_A = 0.248 \times EBW^{0.714} \quad [9]$$

Where BW_A is the content of ash in kg, and EBW is the empty BW.

The Figure 1 shows the data distribution for the components in the body weight. Using the Eq. [4] to [9] each component in the BW was estimated and expressed as a percentage of EBW. These results were graphically represented on Figure 2. The data showed a high relative content of ether extract by birth (in the actual database the lightest animal had 17 kg on birth), which represents the

brown adipose tissue, and that it is almost entirely consumed until the animal reaches 85 kg. Considering a calf gaining around one kg per day, it would take between 65 to 75 days to use the brown tissue present on birth according to the data shown on Figure 2. It also shows the less mature development of fat tissue on females compared to males and its relationship with water percentage in BW.

The brown adipose tissue is an important mechanism of heat production in recent born mammals, in order to maintain body temperature and to assure their survival on extreme cold, windy and humid weather (Himms-Hagen, 1990). Some studies show that *Bos taurus* cattle are more efficient in using this tool than *Bos indicus* (Landis et al., 2002; Smith et al., 2004), which results in a lower mortality of these animals when born during the cold seasons (Carstens et al. 1997). Martin et al. (1999) demonstrated that thermogenesis in calves *Bos taurus* and *Bos indicus* might be due to differences in β -adrenergic receptors and in uncoupling protein-1, which allow calves *Bos taurus* to use more efficiently the available brown adipose tissue.

Smith et al. (2004) also suggested that calves *Bos indicus* might have some problem in using the brown adipose tissue; therefore, it seems that it is used slowly in *Bos indicus* calves when compared to *Bos taurus*, which leads to greater levels of EE in body composition for a longer period, as well as observed in our study.

The protein and ash development shown in Figure 2 is represented by an early development and stabilization, as already discussed above, followed by a small dilution in the heaviest animal due to fat percentage increasing in the EBW.

The heaviest animal present in the database had 470 kg, thus any implication for weights taken beyond that should be done carefully, because after maturity, even fat deposition rate tends to decrease and hormonal changes might lead the animal to decrease the rate of growth and stabilized chemical body composition until the animal pass to another physiological stage, for instance gestation, where new changes might occur.

Therefore, all the results indicated that the most of significant changes in chemical body composition of a stocker or finishing animal occur due to changes in the amount of ether extract in the body. So expressing the chemical composition in a Fat Free basis could express better the development of the other components as shown in Figure 3. The Figure shows that all components (water, crude protein and ash) reach a plateau, especially after 400 kg of empty BW, which could indicate that, in Nellore cattle, the chemical maturity is established after this weight. However, some few differences can still be noticed in the first period of development, where females have more protein and less water than males, but these differences disappear during the stocker phase of development.

Expressing the growth development as a fat free dry mater basis can extinguish completely gender differences to represent growth development (Figure 4). Therefore this data was used to fit the model which could define the chemical maturity of Nellore cattle. Only the crude protein data was fitted, because ash development is indirectly proportional to the protein development until both reach a fixed relationship. The weight which represents 95% of confidence interval of the protein portion of this relationship was defined as the moment when the animal is

chemically mature, as shown in Figure 5. The equation defined to describe crude protein in the development fat free dry matter is shown in Eq. [10].

$$BW_{\text{CPFFDM}} = 79.620 \times (1 - 0.130 \times e^{-0.0077 \times \text{EBW}}) \quad [10]$$

Where BW_{CPFFDM} is the content of CP in the fat free dry matter (kg), and EBW is the empty BW.

According to Eq. [10], the relationship between crude protein and ash when the animal is mature is 79.62:20.38, and the inferior limit of the confidence interval ($P = 0.95$) suggest that the Nellore breed reaches the maturity with 445 kg of empty BW. These results are in agreement with Tedeschi et al (2002), which indicate 456 kg of live weight is the standard maturity weight for Nellore bulls. Paulino et al. (2009), using a database formed by Nellore cattle, re-parameterized the Williams e Jenkins (2003) model, and suggested that this breed would reach maturity with 482 kg and 25% of EE, which would correspond to 9 mm of subcutaneous fat.

The value 445 kg is close to the value 431 kg found above if the maturity would be defined as the weight when the animal reaches 22% of EE. Using 445 kg in Eq. [4] and [5] indicate that these sexes would reach maturity with 24.16 and 37.7 % of EE, for males and females, respectively, therefore, fixing a percentage of EE for maturity would not be best predictor of maturity. The EE content is also strongly influenced by diet (Albin et al. 1967, Guenther et al., 1965; Henrickson et al., 1965; Coleman et al., 1993), thus it could not indicated maturity since it would be too variable.

Another procedure to determine maturity would be the weight were no significant accretion of protein is found in the fat free-dry matter, which could be

estimated using a linear plateau procedure. This plateau was reached with 428.5 kg of EBW ($P < 0.05$), and it was represented by a concentration of 78.47% of the CP in fat-free dry matter (FFDM). These values also agree with literature data cited above for maturity in Nellore cattle.

It can be seen that independent of the procedure used to estimate maturity, it remains between 428.5 and 445 kg of EBW, therefore, it can be suggested to used the average of these two values, 437 kg, as the maturity empty body weight for Nellore cattle.

The chemical composition of EBW is not the only kind of composition that has been being correlated to maturity. The chemical composition of the soft tissue and bone may also demonstrate how the growing works and when does the development start to decrease.

The Figure 6 shows the content of water in the ST_W for males and females. Three models were used to fit the data with the EBW. The Logistic and Gompertz models did not produce good results, with estimates far from the ideal. The low number of animals with less than 100 kg and more than 500 kg probably contributed to these results. Also the great variation in the data decreased the accuracy of the equations. Therefore a segmented regression model was fit to better represent the evolution of the water content in the soft tissue. No sex effect was observed in the first and second plateau ($P = 0.878$ and 0.991 , respectively), and also no sex effect was observed in the decreasing phase ($P = 0.880$) and a single model is represent by Eq. [11]

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{If } EBW < 227.67 \rightarrow ST_W = 70.74\% \\ \text{If } 227.67 < EBW < 370.05 \rightarrow ST_W = 0.8505 - 0.00063 \times EBW \\ \text{If } EBW > 370.05 \rightarrow ST_W = 61.79\% \end{array} \right. \quad [11]$$

Where ST_W is the content of water in the soft tissue (%), and EBW is the empty BW.

The Equation [11] suggest that the Nellore breed has a concentration of its development during the stocking phase, which in this case, could be demonstrated that it happens between 227.67 and 370.05 kg of EBW. After that, a new plateau is reached when the animal stabilize its content of ST_W .

The relationship between ST_W and ST_{EE} is high, therefore the ST_{EE} can be easily estimated when the ST_W is know, as shown if Figure 7. A linear regression was used to fit the model to predict ST_{EE} . There was no sex effect on the intercept ($P = 0.261$) and slope ($P = 0.371$), thus the Eq. [12] is recommended to predict ST_{EE} . The study was included in the model as a random effect, and it also was also non significant ($P = 0.425$). The Eq. [12] had and r^2 of 0.941, showing a good precision, which also could be seen by Figure 7.

$$ST_{EE} = 0.920 - 1.147 \times ST_W \quad [12]$$

where ST_{EE} is the content of EE in the soft tissue (%), and ST_W is the content of water in the soft tissue.

Both ash and CP were not correlated with EBW, because their equation produced R^2 of 0.055 and 0.047, respectively. These demonstrate that soft tissue tends to have a fixed proportion of ash of 0.733% and of CP of 16.78%.

Using all these information, it is possible to conclude that the soft tissue is not an important portion of the body to predict maturity, once its development is marked basically by a substitution of water by ether extract, and this substitution is more intense during stocking period.

The bone development was also analyzed and could demonstrate that it is also a good predictor of the maturity because they are tissues in which histogenesis and morphogenesis are not dependent on mechanical or environmental factors (Zobriskey, 1969). The data (Figure 8) showed that the content of CP on bones (B_{CP}) is almost constant around 19.1% (mostly composed by collagen). The other data demonstrate a substitution of the water (B_W) for mostly ash (B_A), but with also some EE (B_{EE}). At birth, the animal has a small amount of long bones (i.e. femur, tibia, humerus, and radius), and its bones are mostly spongy tissue. The structure of this tissue allows existence of water (linked as crystals to minerals) and fat in the bones due great amount of space in the spongy matrix. As the animal grows, the spongy tissue is slowly being replaced by compact tissue, when a much denser structure is formed, with more minerals and less space in the bone matrix (Zobriskey, 1969). The compact bone is also characterized by a central canal, filled mostly by blood vessels, nerves pass, and a great amount of fat. The bone growth stops when the tissue attains the maturity.

The model to describe the bone composition development is shown on Eq. [13] to [15].

$$B_W = 28.71 \times (1 + 1.195 \times e^{-0.00873 \times EBW}) \quad [13]$$

$$B_A = 33.43 \times (1 - 0.518 \times e^{-0.00898 \times EBW}) \quad [14]$$

$$B_{EE} = 24.10 \times (1 - 0.618 \times e^{-0.00232 \times EBW}) \quad [15]$$

Where B_W is the content of water in the bones (%), B_A is the content of ash in the bones (%), and B_{EE} is the content of EE in the bones (%), and EBW is the empty BW.

It was not possible to predict when the content of ash, CP and EE becomes constant, due high variation in the data. The small number of animals with less than 100 kg, also caused a problem of variation in the data, making more difficult to predict the parameters. The sex effect was also not analyzed due reasons already discussed. However, the data shown on Figure 8 indicates these three components become practically constant between 400 and 500 kg, which agree with our previous theory that the Nellore breed reaches maturity with 445 kg.

The idea of having an objective form to predict maturity may contribute to reduce the variation in the discussion on this theme and creates a way for comparison between different breeds or sexes. Although this work was concentrated on Nellore cattle, future trials need to be done in order to predict the maturity for other breed and fill the gap left in this work. More data is strongly needed on bone chemical composition to give more support the ideas suggested here.

IMPLICATIONS

The maturity can be estimated mathematically and could be defined as the point where the CP becomes constant in the empty BW, which is 437 kg for Nellore cattle.

The soft tissue is not a good predictor of maturity; however water and EE are strongly correlated in this tissue, being this information important for prediction of these components.

The bone tissue might be a good predictor of maturity; however the database couldn't produce results to define an exact point, but indicates that in Nellore cattle, the maturity is reached between 400 and 500 kg.

LITERATURE CITED

- Albin, R. C., D. W. Zinn, S. E. Curl, and G. H. Patsch. 1967. Growth and fattening of the bovine. lii. Effect of energy intake upon carcass composition. *Journal Animal Science* 26: 209 (Abstr.)
- ARC. 1980. The nutrient requirements of ruminant livestock. Agricultural Research Council. The Gresham Press, London.
- Arnold, R. N., and G. L. Bennett. 1991. Evaluation of four simulation models of cattle growth and body composition: Part i - comparison and characterization of the models. *Agricultural Systems* 35: 401-432.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1976. New concepts of cattle growth. Macarthur Press, Sidney.
- Brown, J. E., H. A. Fitzhugh, Jr., and T. C. Cartwright. 1976. A comparison of nonlinear models for describing weight-age relationships in cattle. *Journal Animal Science* 42: 810-818.
- Carstens, G. E. et al. 1997. Genotypic effects on norepinephrine-induced changes in thermogenesis, metabolic hormones, and metabolites in newborn calves. *Journal of Animal Science* 75: 1746-1755.
- Coleman, S. W., B. C. Evans, and J. J. Guenther. 1993. Body and carcass composition of angus and charolais steers as affected by age and nutrition. *Journal of Animal Science* 71: 86-95.
- CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Collingwood, VIC.
- Fernandes, H. J., L. O. Tedeschi, M. F. Paulino, and L. M. Paiva. 2009. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbreed bulls using body measurements. *Journal Animal Science* in press.
- Guenther, J. J., D. H. Bushman, L. S. Pope and R. D. Morrison. 1965. Growth and development of the major carcass tissues in beef calves from weaning to slaughter weight, with reference to the effect of plane of nutrition. *Journal of Animal Science*. 24:1184.
- Henrickson, R. L., L. S. Pope and R. F. Hendrickson. 1965. Effect of rate of gain of fattening beef calves on carcass composition. *Journal of Animal Science*. 24:507.

- Himms-Hagen, J. 1990. Brown adipose tissue thermogenesis: Interdisciplinary studies. *FASEB J.* 4:2890–2898.
- Landis, M. D., G. E. Carstens, E. G. McPhail, R. D. Randel, K. K. Green, L. Slay, and S. B. Smith. 2002. Ontogenic development of brown adipose tissue in Angus and Brahman fetal calves. *Journal of Animal Science* 80:591–601.
- Martin, G. S., M. D. King, G. E. Carstens, A. G. Eli, H. J. Mersmann, and S. B. Smith. 1999. Metabolism and morphology of brown adipose tissue from Brahman and Angus newborn calves. *Journal of Animal Science* 77:388–399.
- Menchaca, M. A., C. C. Chase, T. A. Olson, and A. C. Hammond. 1996. Evaluation of growth curves of brahman cattle of various frame sizes. *Journal of Animal Science* 74: 2140-2151.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. updated 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Oltjen, J. W., A. C. Bywater, R. L. Baldwin, and W. N. Garrett. 1986. Development of a dynamic model of beef cattle growth and composition. *Journal of Animal Science* 62: 86-97.
- Paulino, P. V. R., M. L. Chizzotti, S. C. Valadares Filho and S. F. Reis. Exigências nutricionais de bovinos de corte: técnicas de pesquisa e resultados nacionais. In: Luis Felipe Prada e Silva; Francisco Palma Rennó. (Org.). Anais do II Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes. 1 ed. Pirassununga: Editora 5D, 2009, v. 1, p. 123-146.
- Sanders, J. O., and T. C. Cartwright. 1979a. A general cattle production systems model. I: Structure of the model. *Agricultural Systems* 3: 217-227.
- Sanders, J. O., and T. C. Cartwright. 1979b. A general cattle production systems model. Part 2 - procedures used for simulating animal performance. *Agricultural Systems* 4: 289-309.
- Smith, S. B., G. E. Carstens, R. D. Randel, H. J. Mersmann and D. K. Lunt. 2004. Brown adipose tissue development and metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science* 82:942-954.
- Taylor, S. C. S. 1980. Live-weight growth for embryo to adult in domesticated mammals. *Animal Production* 31: 223-235.
- Tedeschi, L. O. et al. 2002. Energy requirement for maintenance and growth of Nellore bulls and steers fed high-forage diets. *Journal of Animal Science* 80: 1671-1682.
- Trenkle, A., and D. N. Marple. 1983. Growth and development of meat animals. *Journal Animal Science* 57: 273-283.
- Williams, C. B., and T. G. Jenkins. 2003. A dynamic model of metabolizable energy utilization in growing and mature cattle. Iii. Model evaluation. *Journal of Animal Science* 81: 1390-1398.
- Zobriskey, S. E. 1969. Bone. In: E. S. E. Hafez and I. A. Dyer (eds.) *Animal growth and nutrition*. p 217-235. Lea & Febiger, Philadelphia.

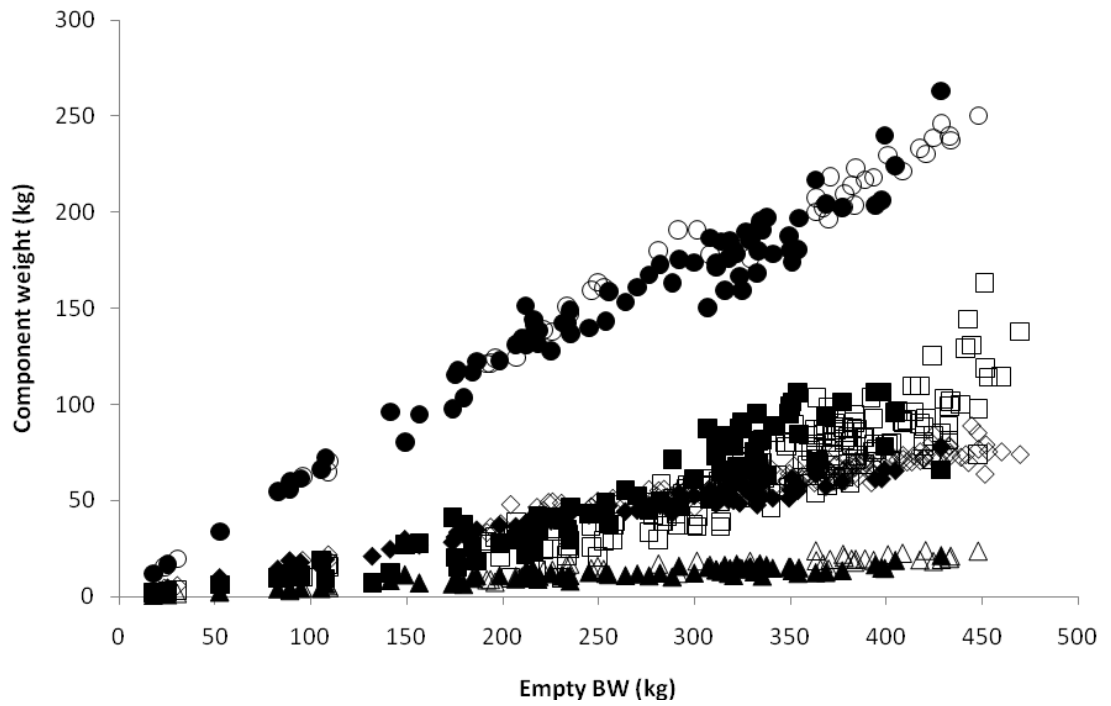


Figure 1 – Relationship between the content of water (●,○), ether extract (□,■), crude protein (◆,◇) and ash (▲, △), and empty body weight in Nellore cattle. Solids dots represent male and empty dots represents female.

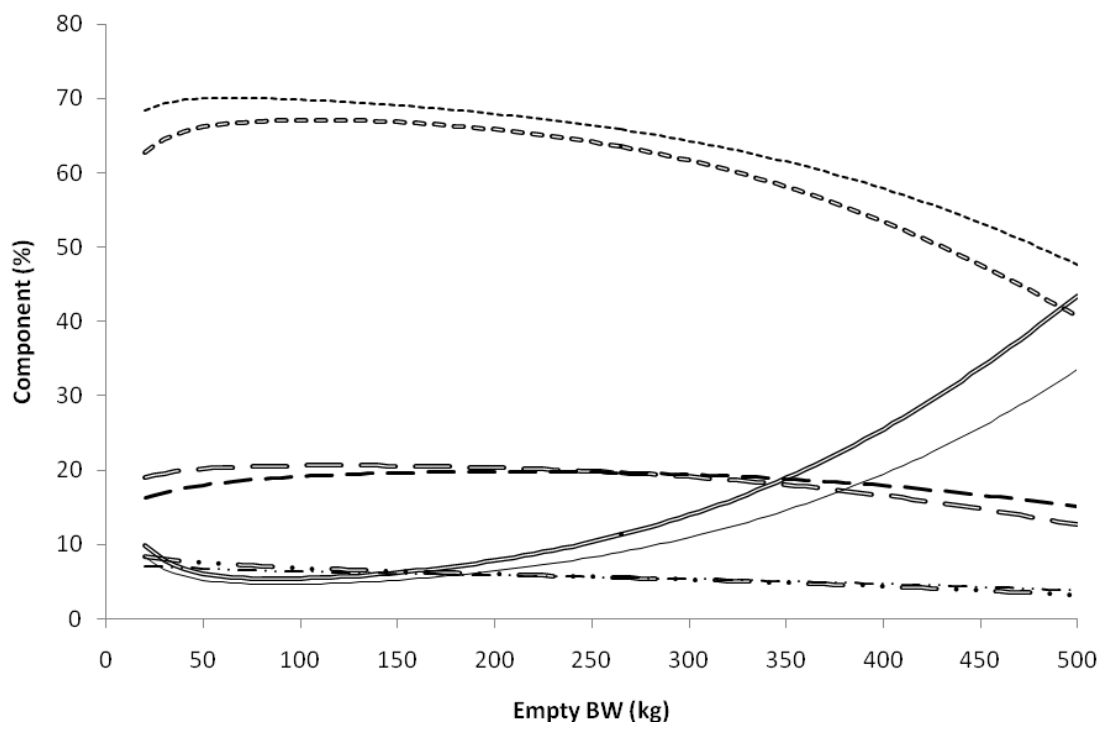


Figure 2: Graphical representation of the relationship between the proportion of

water (), ether extract

—

(), crude protein

() and ash

(), and empty body weight in

Nellore cattle. Single lines represent male and double lines represents female

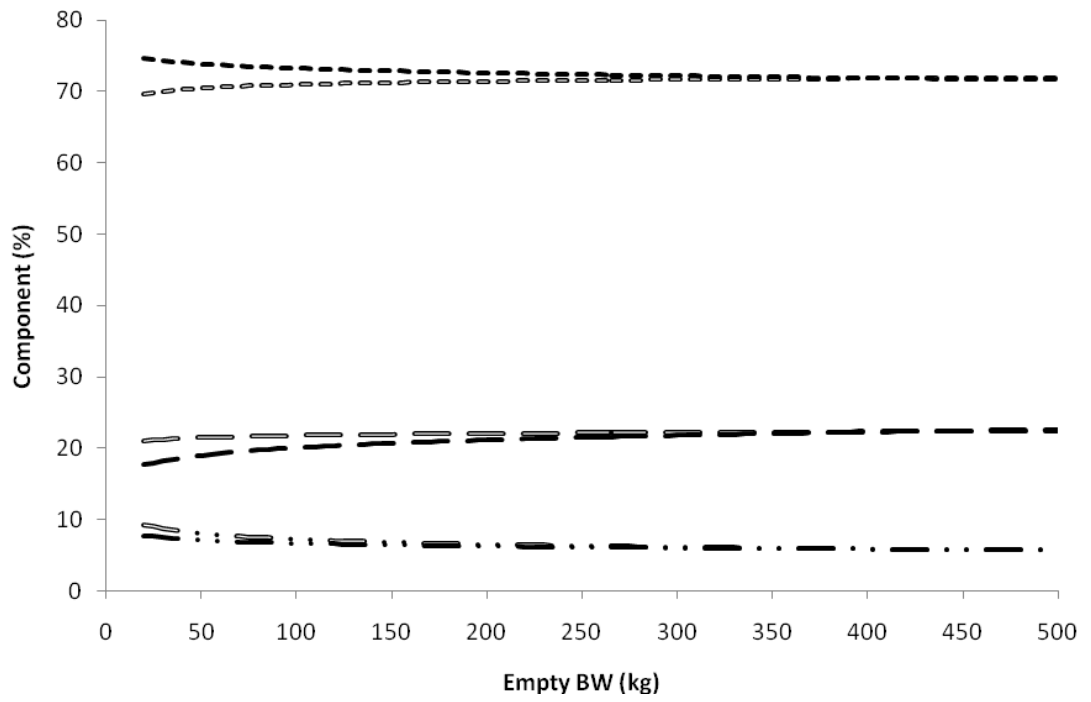


Figure 3: Graphical representation of the relationship between the proportion of

water (), crude protein

--

(.....) and ash

(.....), and fat free empty body weight in Nellore cattle. Single lines represent male and double lines represents female

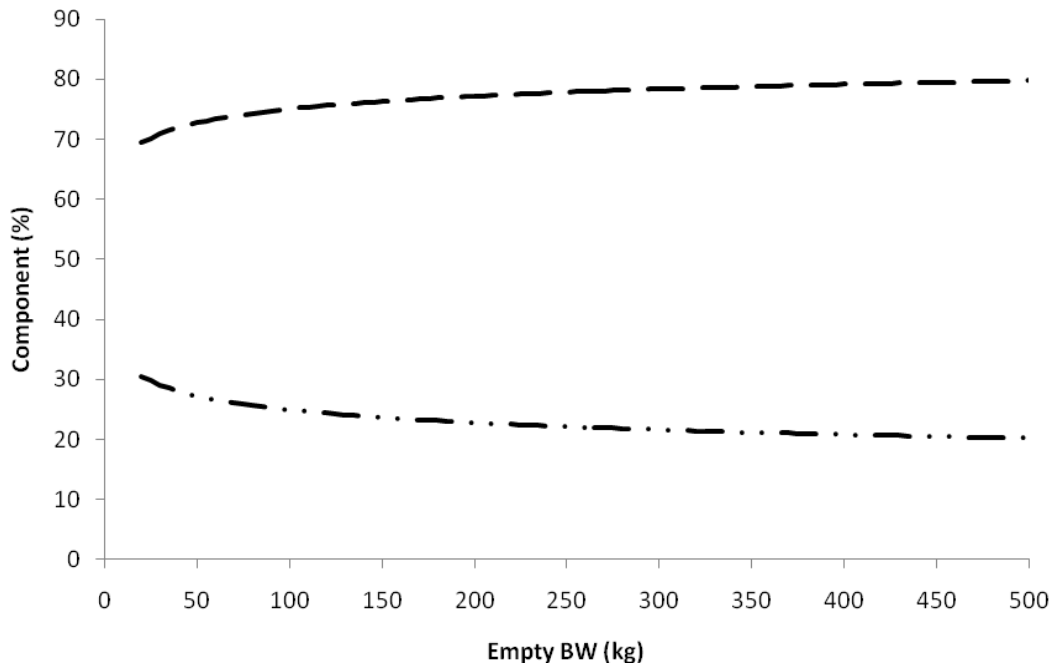


Figure 4: Graphical representation of the relationship between the proportion of

crude protein () and ash

(), and fat free dry matter empty body weight in Nellore cattle.

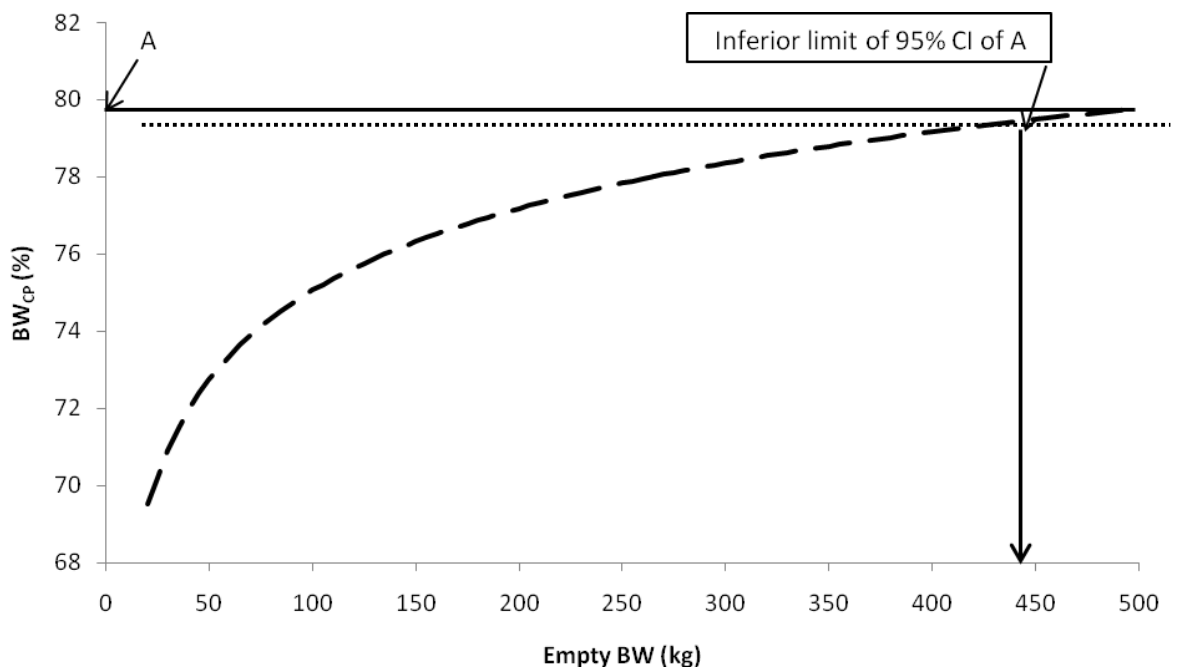


Figure 5: Representation of the relationship between the content of crude protein

() in fat free dry matter empty body weight (BW_{CP}) and empty BW in Nellore cattle, and the inferior limit of confident interval of 'A', which represents the moment where the animal reaches maturity

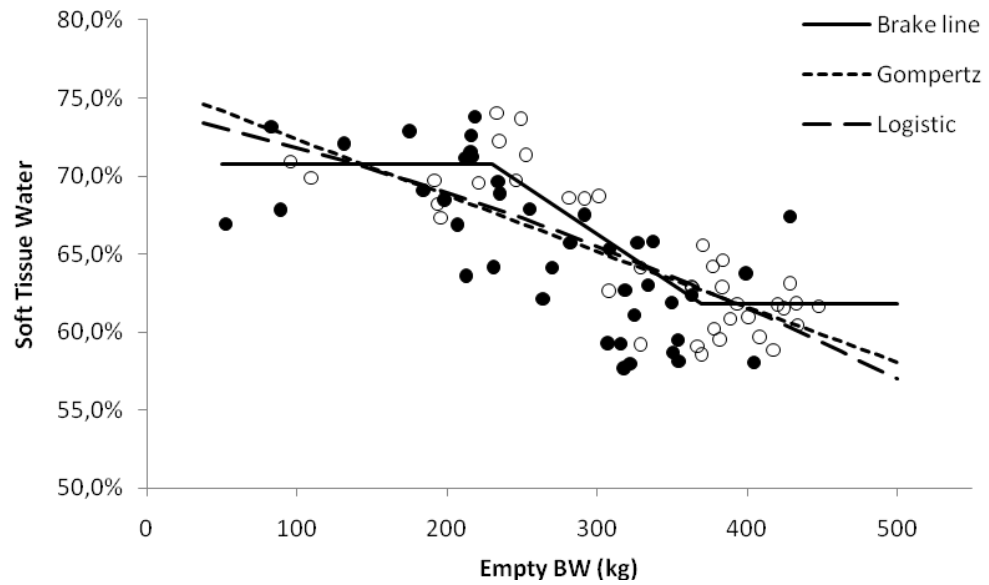


Figure 6: Relationship between soft tissue water (%) and empty BW (kg) and its graphics representations by three models (brake line, Gompertz and Logistic). Solid dots represents male and empty dots represents female

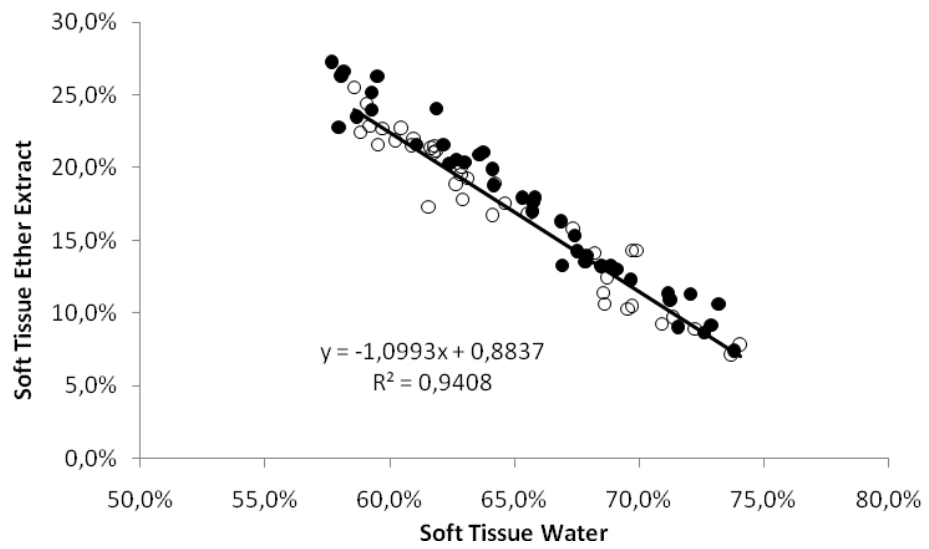


Figure 7: Relationship between soft tissue ether extract (%) and soft tissue water (%) in Nellore cattle. Solid dots represents male and empty dots represents female

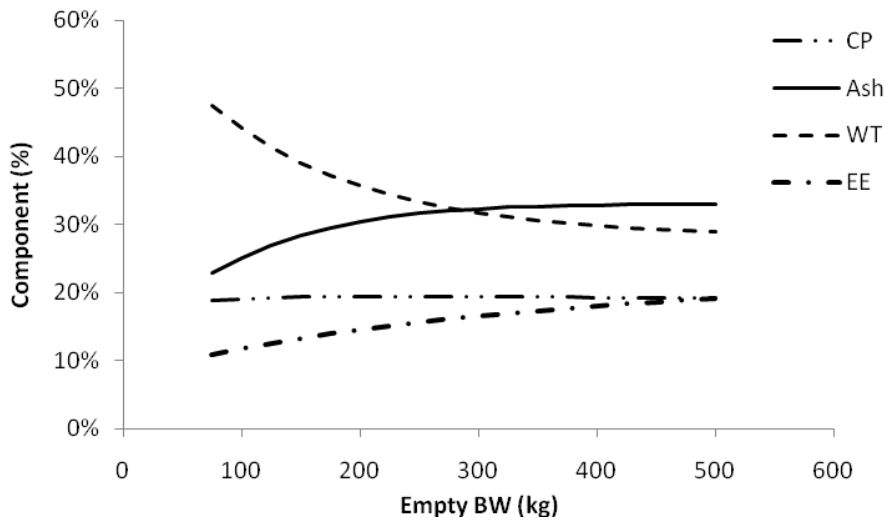


Figure 8: Graphical representation of the relationship between the proportion of

water (), ether extract

(.....), crude protein

(.....) and ash

—

() in bones and empty body
weight in Nellore cattle.

Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section

Abstract: The purpose of this paper was to develop empirical equations to predict chemical and physical compositions of the carcass and the body using the composition of the 9-11th rib section (Rib₉₋₁₁). A database (n = 329) from 10 studies, containing 246 animals on feedlot and 83 on pasture conditions, was developed. There were 120 bulls (BU), 115 steers (ST), and 94 heifers (HF) of which 215 were Nellore (NE), 76 were NE x Angus (NA), and 38 were NE x Simmental (NS). The right half carcass and the Rib₉₋₁₁ from the left half carcass were analyzed for ether extract (EE), CP, and water. The remaining components were chemically analyzed to determine the composition of the empty BW (EBW). A stepwise procedure was conducted to determine the variables to be included in the regression models. The variables included were EE in the Rib₉₋₁₁ (EER, %), CP in the Rib₉₋₁₁ (CPR, %), water in the Rib₉₋₁₁ (WR, %), visceral fat (pelvic, kidney, heart, and mesenteric fats; VF, %), organs plus viscera (OV, %), carcass dressing (CD, %), carcass weight (CW, kg), and EBW (kg). There was neither sex effect nor breed effect on EE and CP of the carcass composition (C_{EE} and C_{CP} , %, respectively) and the equations were: $C_{EE} = 4.31 + 0.31 \times EER + 1.37 \times VF$ [n = 241, $R^2 = 0.83$, mean square error (MSE) = 4.53] and $C_{CP} = 17.92 + 0.60 \times CPR - 0.17 \times CD$ [n = 238, $R^2 = 0.50$, MSE = 1.58]. On the other hand, a breed effect was observed for water content in the carcass (C_W , %) and the equations were: $C_W = 48.74 + 0.28 \times WR - 0.017 \times EBW$ for NE; $C_W = 46.69 + 0.32 \times WR - 0.017 \times EBW$ for NA; and $C_W = 38.06 + 0.48 \times WR - 0.017 \times EBW$ for NS (n = 243, $R^2 = 0.67$, MSE = 5.17). There was a sex effect for body chemical EE composition (BW_{EE}): $BW_{EE} = 2.75 + 0.33 \times EER + 1.80 \times VF$ for BU; $BW_{EE} = 1.84 + 0.33 \times EER + 1.91 \times VF$ for ST; and $BW_{EE} = 4.77 + 0.33 \times EER + 1.28 \times VF$ for HF (n = 243, $R^2 = 0.89$, MSE = 3.88). There were no sex or breed effects for CP in the body (BW_{CP}): $BW_{CP} = 14.38 + 0.24 \times CPR$ (n = 240, $R^2 = 0.59$, MSE = 1.06). However, there was a sex effect for water content in the BW (BW_W): $BW_W = 38.31 + 0.33 \times WR - 1.09 \times VF + 0.50 \times OV$ for BU; $BW_W = 45.67 + 0.25 \times WR - 1.89 \times VF + 0.50 \times OV$ for ST; and $BW_W = 31.61$

+ 0.47×WR – 1.06×VF + 0.50×OV for HF (n = 241, R² = 0.81, MSE = 3.84). The results of physical carcass composition indicated a breed effect on all components and a sex effect was observed for fat in the carcass. We concluded that body and carcass compositions can be estimated with Rib₉₋₁₁ for purebred and crossbred NE animals.

Predição da composição física e química do corpo de animais Nelore puros e cruzados por meio do corte das costelas

Resumo: O propósito deste trabalho foi desenvolver equações empíricas para prever as composições física e química da carcaça e do corpo vazio utilizando a seção entre a 9 e 11ª costelas (SEC₉₋₁₁). Um banco de dados (n = 329) foi construído a partir de 10 estudos, contendo 246 animais mantidos em confinamento e 83 mantidos à pasto. Havia 120 machos inteiros (MI), 115 machos castrados (MC) e 94 fêmeas (FE), dos quais 215 eram Nelore (NE), 76 cruzados NE × Angus (NA) e 38 NE × Simental (NS). A carcaça direita e a SEC₉₋₁₁ obtida da carcaça esquerda foram analisadas para extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e água. Os componentes corporais remanescentes também foram analisados para obtenção da composição química do peso de corpo vazio (PCVZ). Posteriormente, um procedimento stepwise foi conduzido para determinar as variáveis a ser incluídas nos modelos. As variáveis sugeridas no procedimento foram EE na SEC₉₋₁₁ (EE_S, %), PB na SEC₉₋₁₁ (PB_S, %), água na SEC₉₋₁₁ (A_S, %), gordura visceral (pélvica, renal, cardíaca e de mesentério; GV, %), órgãos mais vísceras (OV, %), rendimento de carcaça (RC, %), peso de carcaça (PC, kg) e peso de corpo vazio (PCVZ, kg). Não houveram efeitos de sexo ou raça sobre o teor de EE e PB na carcaça (C_{EE} e C_{PB}, %, respectivamente) e as equações obtidas foram: C_{EE} = 4,31 + 0,31 × EE_S + 1,37 × GV [n=241, R² = 0,83, QME = 4,53] e C_{PB} = 17,92 + 0,60 × PB_S – 0,17 × RC [n=238, R² = 0,50, QME = 1,58]. Por outro lado, foi observado efeito de raça no conteúdo de água na carcaça (C_A, %) e as equações foram: C_A = 48,74 + 0,28 × A_S – 0,017 × PCVZ para NE; C_A = 46,69 + 0,32 × A_S – 0,017 × PCVZ para NA; e C_A = 38,06 + 0,48 × A_S – 0,017 × PCVZ para NS (n = 243, R² = 0,67, QME = 5,17). Houve efeito de sexo sobre a composição de EE no PCVZ (CVZ_{EE}) (CVZ_{EE} = 2,75 + 0,33 × EE_S + 1,80 × GV para MI; CVZ_{EE} = 1,84 + 0,33 × EE_S + 1,91 × GV para MC; e CVZ_{EE} = 4,77 + 0,33 × EE_S + 1,28 × GV para FE (n = 243, R² = 0,89, QME = 3,88). Não houve efeito de sexo ou raça sobre a PB no PCVZ (CVZ_{PB}): CVZ_{PB} = 14,38 +

$0,24 \times PB_S$ ($n = 240$, $R^2 = 0,59$, $QME = 1,06$). No entanto, houve efeito de sexo no conteúdo de água no PCVZ (CVZ_A): $CVZ_A = 38,31 + 0,33 \times A_S - 1,09 \times GV + 0,50 \times OV$ para MI; $CVZ_A = 45,67 + 0,25 \times A_S - 1,89 \times GV + 0,50 \times OV$ para MC; e $CVZ_A = 31,61 + 0,47 \times A_S - 1,06 \times GV + 0,50 \times OV$ para FE ($n = 241$, $R^2 = 0,81$, $QME = 3,84$). Os resultados para composição física da carcaça mostraram que a raça afeta todos os componentes e sexo apenas a gordura da carcaça. Pode-se concluir que a composição do corpo e da carcaça podem ser estimados pela SEC_{9-11} em animais Nelore puros e cruzados.

INTRODUCTION

Some body composition equations developed before the 80's (e.g. Hooper, 1944; Hankins and Howe, 1946; Kraybill et al., 1952; Panaretto and Till, 1963; Powell and Huffman, 1973; Crouse and Dikeman, 1974; Clark et al., 1976; Byers, 1979) are still being used despite the likelihood those equations may have limited application on modern cattle due to important changes in the potential growth of the animal, which affects nutrient requirements and body composition. Enns and Nicoll (2008) identified changes in weaning, yearling, slaughter, and mature BW and post-weaning ADG for Angus from 1976 to 1993.

Methods that can estimate carcass or body composition without sacrificing the entire carcass are important because they save time and labor, and organs, viscera, blood, hide, feet, and head can be used for other purposes. These methods have to maintain some level of accuracy and precision to be satisfactory. Some of the commonly used methods estimate the carcass composition (Hankins and Howe, 1946; Powell and Huffman, 1973; Crouse and Dikeman, 1974), others predict the whole body composition (Panaretto and Till, 1963), and some use a combination of both (Hooper, 1944; Kraybill et al., 1952; Clark et al, 1976).

Body composition can be calculated using estimates of head, feet, organs, viscera, leather and blood or less laborious estimates of composition can be directly calculated using the 9-11th rib section (**Rib₉₋₁₁**) composition. It is likely that empirical equations to predict carcass composition are more precise than those to predict empty body composition due to less variation (Valadares Filho et al.,

2006). These authors reported less SE and R² for the equations to predict carcass than those to predict empty body composition.

The objective of this study was to develop empirical equations to estimate physical and chemical compositions of the carcass and the body from the composition of the Rib₉₋₁₁ for purebred and crossbred Nellore animals fed under feedlot conditions.

MATERIALS AND METHODS

Even though no animal was used in this study, standard procedures for animal care and handling of the Federal University of Viçosa were followed in the experiments used in this study.

Database. A database containing carcass and body compositions of 329 animals from 10 studies was developed from experiments that were conducted at the Universidade Federal de Viçosa (Brazil). In this database, 246 animals were finished in feedlot conditions and 83 were grazed on pasture. There were 120 intact males (**BU**), 115 steers (**ST**), and 94 heifers (**HE**) of which 215 were Nellore (**NE**), 76 were F₁ Nellore x Angus (**NA**), and 38 were F₁ Nellore x Simmental (**NS**) animals. The descriptive statistics of the data is presented in Table 1.

Slaughter and Dissections. All experiments followed the same slaughter procedure. Briefly, after 18 h of fasting; animals were desensitized with a non-penetrating stunner and killed by exsanguination using conventional humane procedures. The gastro-intestinal tract (**GIT**) was cleaned and weighed with other organs to measure empty BW (**EBW**). Carcasses were weighed (hot carcass

weight) and stored in a cold chamber (1 to 4 °C) for 18 h and then re-weighed to obtain the chilled carcass weight. The right carcass was completely dissected into bone, fat, and lean tissues. The Rib₉₋₁₁ was removed from the left carcass and subsequently dissected into bone, fat, and lean tissues. Table 2 has the average physical (dissection) composition of the animals. Samples of bone, fat, and lean tissues from the carcass, head, feet, hide, blood, and organs and viscera were taken to determine carcass and body chemical compositions. Table 3 contains the average chemical composition. The mesenteric fat was physically separated from the GIT and weighed with kidney, pelvic, and heart fat to compose the visceral fat. Tendons were weighed with the lean tissue, while connective tissues were added to the fat pool. After weighing each component, lean and fat tissues were separately ground, subsampled, and mixed together to obtain their original physical proportion. Carcass bones were separated into vertebral, ribs, and long bones. They were sawn into small pieces (5 to 5 cm) and proportionally subsampled to compose the total bone sample. The Rib₉₋₁₁ bones were also sawn into small pieces (5 to 5 cm) and sampled. The head and feet were separated into hide, bone, and soft tissues. The hide was weighed and its composition was considered equal to the hide sampled from the body. Soft tissues were ground and bones were sawn into small pieces (5 to 5 cm), and sub-sampled. Viscera and organs were ground together and sub-sampled. Blood was sampled during the exsanguination. The hide was sampled and ground.

Except for blood samples, which were dried at 60 °C for 72 h, all samples were preliminary dried and partially defatted by washing with petroleum ether, as described by Fernandes et al. (2010). The amount of fat lost during this procedure

was computed by weight differences. Then, all samples were ground using a ball mill and analyzed for moisture (method 934.01; AOAC, 1990), protein (method 920.87; AOAC, 1990), ether extract (**EE**; method 920.85; AOAC, 1990), and ash (method 924.05; AOAC, 1990) in order to determine the chemical composition of the Rib₉₋₁₁, carcass, and empty body. The final EE was corrected by adding the fat lost during the partial defatting process.

Regression Analyses

A modification of the approach used by Seo et al. (2006) was adopted. Three steps were used to develop the empirical equations. In the first step, a stepwise procedure using PROC REG (SAS Inst. Inc., Cary, NC) was conducted to determine the most significant variables to be included in the models to predict composition. The variables included in the stepwise procedure were: ash of the Rib₉₋₁₁ (**AR**, in kg), EE of the Rib₉₋₁₁ (**EER**), CP of the Rib₉₋₁₁ (**CPR**), water of the Rib₉₋₁₁ (**WR**), lean of the Rib₉₋₁₁ (**LR**), fat of the Rib₉₋₁₁ (**FR**), bone of the Rib₉₋₁₁ (**BR**), visceral fat (KPH and mesenteric fats, **VF**), organs plus viscera (**OV**) and carcass dressing (**CD**); all variables expressed as percentage of EBW. Carcass weight (**CW**, kg) and EBW (kg) were also included as independent variables. Variables that were significant at $P < 0.0001$ were used in the second step.

In the second step a random coefficients model was used to identify significant fixed and random effects using the PROC MIXED of SAS (SAS Inst. Inc, Cary, NC). The critical level of significance was assumed to be 0.05 for fixed effects (e.g. breed and sex) and 0.20 for random effects (e.g. study). The studentized residual was used to identify outliers and influential points. Three

variance-(co)variance matrix structures were tested in the random coefficients model: variance components (**VC**), unstructured (**UN**), and heterogeneous autoregressive 1 (**ARH(1)**). The Akaike's Information Criteria (**AIC**) was used to select the statistical model with the best fit.

Finally, in the third step, an ordinary least-square (**OLS**) regression was performed with the selected fixed and random effects and the independent variables obtained in the second step. The final regression was obtained with PROC GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC) without the random effects.

Because VF and OV are not always easy to obtain, simplified equations were developed by excluding them. In this case, only the components of the Rib₉₋₁₁, CD, CW, and BW were included in the steps described above.

Sensitivity Analysis

Bootstrap analysis was used to evaluate the robustness of the developed equations using the statistical software R (R Development Core Team, 2009) and the package 'boot' (Canty and Ripley, 2009). This procedure consists in building a sampling distribution by resampling the database as described by Davison and Hinkley (1997). The bootstrap was conducted by replicating the database a million times and resampling this "pseudo-universe" 2,000 times (Simon, 1997). The biases were estimated by the difference between the estimates using the resampling procedure and the OLS procedure.

Cross-validation was used to estimate the mean square error (**MSE**) of each model according to Davison and Hinkley (1997) using the statistical software R (R Development Core Team, 2009). This analysis consists in randomly

separating the database in two groups a priori in which one group is used to fit the model and the other group is used to test it. This procedure was replicated 2,000 times to predict the MSE.

Comparison of Equations

The predictions by published equations were compared by using statistics as suggested by Tedeschi (2006), including the concordance correlation coefficient (**CCC**; Lin, 1989) and the root of mean square of error of prediction (**RMSEP**; Bibby and Toutenburg, 1977).

RESULTS AND DISCUSSION

Carcass Chemical Composition

Carcass Ether Extract (C_{EE}). The OLS analysis showed that EER and VF were the most significant ($P < 0.0001$) variables in predicting C_{EE}. Neither breed effect nor sex effect were significant ($P > 0.05$). The ARH(1) was the best variance structure (AIC=1047.9) and study effect was present in the intercept ($P = 0.147$) and in the EER coefficient ($P = 0.141$). Contrary to these findings, Nour and Thonney (1994) found breed effect evaluating the use of Hankins and Howe (1946) equation to estimate lipids in carcass, but they also reported that diet was determinant in the regression equation. Nonetheless, Nour and Thonney (1994) used Angus and Holstein steers in their evaluation whereas our database was composed mainly by purebred and crossbred *Bos indicus* cattle.

Equation [1] accounted for 83.3% of the C_{EE} variation of which 92.3% was explained by EER and the remaining 7.68% was associated with VF. There were biases of -0.0243 on the intercept, 0.00084 on the EER, and 0.0022 on the VF coefficients. These biases were fairly low, demonstrating good accuracy by Eq. [1] in predicting C_{EE} . A MSE of 4.53 was obtained by the cross-validation analysis ($P < 0.0001$). This MSE was likely high, considering animals with less than 20% of EE. It probably occurred due high variation in the data (CV = 11.8%).

$$C_{EE} = 4.31 \pm 0.42 + 0.31 \pm 0.03 \times EER + 1.37 \pm 0.14 \times VF \quad [1]$$

Where C_{EE} is carcass EE, %; EER is the EE in the Rib₉₋₁₁, %; and VF is visceral fat, % of KHP plus mesenteric fat in empty BW.

Table 4 shows the chemical content of EE, CP, water, and ash of the carcass and body. In addition, Table 4 has the difference not accounted for by the Hankins and Howe (1946) equations. Because the equations proposed by Hankins and Howe (1946) used only the composition of soft tissues (i.e. did not include bone composition), the prediction of EE, CP, and water in the carcass could be incorrectly predicted by their equations since they did not account for the content of protein and EE in the bones. Considering that the difference of 3.12% of EE in the carcass came from bones (Table 4), the overprediction of EE in the carcass may affect the predictions of energy requirement by the animal. Several studies have relied upon these equations to predict carcass composition (Baker et al., 2006; Tylutki et al., 1994; Perry and Fox, 1997).

Hankins and Howe (1946) proposed two ways to estimate C_{EE} (edible portion of the Rib₉₋₁₁ or physically separable fat content of the Rib₉₋₁₁). Table 5 shows the physical composition of Rib₉₋₁₁ was not a good predictor of C_{EE} , with a

great mean bias (-8.17 % of EE) and low CCC (0.24). The chemical composition of Rib₉₋₁₁ was more precise ($R^2 = 0.77$) and had a less mean bias (-2.54 % of EE), thus a better overall prediction (CCC = 0.80). It is important to emphasize that the chemical composition of the entire Rib₉₋₁₁ was used, and not only the composition of the soft tissue, as suggested by Hankins and Howe (1946), because the data was not available. When only the composition of the soft tissue was used, even greater overpredictions would have been found. The best prediction was observed using the equations reported by Valadares Filho et al. (2006) in which almost no mean bias was observed (0.18% of EE) and a high CCC was obtained (0.88).

Because the most variable component in BW is fat, the separation of fat and fat-free components may decrease the prediction variability (Berg and Butterfield, 1976; Robelin et al., 1979). Our analysis indicated the coefficient of variation (**CV**) of the CP, ash, and water in the carcass decreased from 10.5, 20.9, and 7.40% when expressed as percentage of BW to 6.58, 14.4 and 2.52%; respectively, when expressed as a percentage of fat-free body matter. Fortin et al. (1980) also reported that the representation of their data as a percentage of fat-free body matter was more homogeneous. Therefore, a good estimative of EE may influence strongly the prediction of other components in carcass.

Carcass Crude Protein (C_{CP}). The main variables to predict C_{CP} were CPR and CD. Both UN and ARH(1) had similar variance structure with an AIC of 782.5. There was an effect of study on CPR ($P = 0.0844$) and CD ($P = 0.0973$), but no fixed effects of breed or sex were found ($P > 0.05$). Therefore, one single equation was developed (Eq [2]). Similar to our findings, Johnson et al. (1990) working with swine and Kirton and Barton (1962) working with cattle found negative correlations

between C_{CP} and CD. Cook et al. (1951) working with Shorthorn steers also suggested that animals with high CD percentage would have more fat in the carcass, thus less CP.

$$C_{CP} = 17.92 \pm 2.72 + 0.60 \pm 0.04 \times CPR - 0.17 \pm 0.04 \times CD \quad [2]$$

Where C_{CP} is carcass CP, %, CPR is the CP in Rib₉₋₁₁, % and CD is carcass dressing in the empty BW, %.

The CPR accounted for 93% of the variation in Eq. [2] while CD explained only 6.99% of the total variance. Equation [2] had good accuracy (MSE = 1.58) and the biases on the coefficients were small: -0.0787 for the intercept, 0.0029 for CPR, and 0.0005 for CD coefficient.

Other studies have shown that specific gravity or density do not estimate reasonably well the amount of CP in the body (Zinn et al., 1966; Albin et al., 1967; Garret and Hinman, 1969). According to Garret and Hinman (1969), these correlations are even lower in animals with less than 12% of body fat. This is the case for animals receiving implants, under grazing systems, or animals in the growing phase. Significant differences between CP observed and estimated by Hankins and Howe (1946) equation was also reported by Crouse and Dikeman (1974).

Hankins and Howe (1946) suggested equations to predict C_{CP} using the physically separable lean, and CP, EE and water chemical composition of Rib₉₋₁₁. In our study, the physical composition was not able to predict C_{CP} adequately (CCC = 0.08), but the chemical composition of the Rib₉₋₁₁ had better results (Table 5). The physical separation of the lean of the carcass and the Rib₉₋₁₁ is difficult, especially in the Rib₉₋₁₁, and might be the reason for the low precision and

accuracy as suggested by Nour and Thonney (1994). The best model to predict C_{CP} was that which used the WR (CCC = 0.72), however this was the model that had the greatest mean bias (1.62% of C_{CP}). The partition of the mean square error of prediction (**MSEP**) indicated that the major problem in the model was the mean bias (44.2%), whereas the systematic bias accounted for 12.6% and random errors accounted for 43.3% of the problems in the model. When we used the equation developed by Valadares Filho et al. (2006) to estimate our C_{CP} , we obtained a CCC = 0.56 and RMSEP = 1.58. These adequacy indices were similar to the equation of Hankins and Howe (1946) based on chemical composition using EE or CP Rib₉₋₁₁ composition.

Carcass Water (C_w). The stepwise analysis indicated that WR and EBW were the most important variables to predict C_w ($P < 0.0001$). The VC was the selected variance structure with an AIC of 1093.1. Only EBW was influenced by the random effect of breed ($P = 0.0925$). There were breed effects on intercept ($P = 0.013$) and WR ($P = 0.0126$) coefficients, thus one equation was fitted for each breed. The model accounted for 66.7% of the variation in the data of which 86.3% was explained by WR and the remaining 13.7% were associated with EBW. The bootstrapping analysis indicated biases of 0.217, 0.102 and 0.589 (NE, NA and NS, respectively) on the intercept, biases of 0.004, 0.002 and 0.005 (NE, NA and NS, respectively) on WR coefficient, and a bias of 0.0103 on the EBW coefficient. The cross-validation estimated a MSE of 5.17. Although Nour and Thonney (1994) worked with different breeds, their finding is in agreement with ours. They in which they found breed effect when estimating water content in the carcass of Angus and Holstein steers from Rib₉₋₁₁.

$$\text{Nellore } C_W (\%) = 48.74 \pm 3.28 + 0.28 \pm 0.03 \times WR - 0.017 \pm 0.002 \times EBW \quad [3]$$

$$\text{NA } C_W (\%) = 46.69 \pm 3.98 + 0.32 \pm 0.06 \times WR - 0.017 \pm 0.002 \times EBW \quad [4]$$

$$\text{NS } C_W (\%) = 38.06 \pm 3.44 + 0.48 \pm 0.06 \times WR - 0.017 \pm 0.002 \times EBW \quad [5]$$

Where C_W is carcass water, %, WR is the water in the Rib_{9-11} , %, EBW is the empty BW, kg.

Hankins and Howe (1946) suggested that C_W could be estimated by WR and EER . Our evaluation (Table 5) showed the model which used the WR ($CCC = 0.70$) was better than that which used EER ($CCC = 0.65$). Both models had low biases, but had a significant amount of the $RMSEP$ associated with the systematic bias, or slope of the regression of prediction. This indicated that some adjustment should be done in the model in order to have a good prediction of C_W when using animals similar to ours. Despite the high CV observed for C_W , most models had good behavior and few adjustments such as the accretion of EBW in the model and the fixed effect of breed may reduce these errors. The equations proposed by Hankins and Howe (1946), Valadares Filho et al. (2006), and ours had different proportions of breeds in their databases.

Because water is the major component in the carcass, its accurate estimation can dictate the prediction of other components. If protein and ash are expressed as a percentage of fat and water-free BW , a constant protein to ash ratio of 73.4:26.6 can be obtained independent of the BW (data not shown). Therefore, in some occasions it might be possible to predict carcass composition by quantifying only water and EE .

Empty Body Chemical Composition

Ether Extract (EB_{EE}). The most significant variables to predict EB_{EE} were the same as those used to predict C_{EE} : EER and VF. There were sex effect on the intercept ($P = 0.001$) and on the VF coefficient ($P = 0.001$). No breed effect was observed on the intercept ($P = 0.088$), on the VF coefficient ($P = 0.178$), and on the EER coefficient ($P = 0.341$). The variance structure used was VC and its AIC was 1006.5. Equation [6]-[8] explained 88.6% of the variation of which EER accounted for 91.7% and 8.3% was accounted for by VF. Biases of 0.00001, 0.0467 and 0.0298 on the intercepts (BU, ST and HE, respectively), 0.0004 for the EER coefficient, and 0.0219, 0.0050 and 0.0019 for the VF coefficient (BU, ST and HE, respectively) were observed, suggesting a good accuracy of the model. The cross-validation indicated that Eqs. [6]-[7] had a MSE of 3.88.

$$\text{Bulls} \quad EB_{EE} = 2.75 \pm 1.13 + 0.33 \pm 0.02 \times EER + 1.80 \pm 0.32 \times VF \quad [6]$$

$$\text{Steers} \quad EB_{EE} = 1.84 \pm 1.25 + 0.33 \pm 0.02 \times EER + 1.91 \pm 0.31 \times VF \quad [7]$$

$$\text{Heifers} \quad EB_{EE} = 4.77 \pm 1.29 + 0.33 \pm 0.02 \times EER + 1.28 \pm 0.31 \times VF \quad [8]$$

Where EB_{EE} is the empty body EE, %; EER is the EE in the Rib₉₋₁₁, %; and VF is visceral fat, % of KPH plus mesenteric fats in the empty BW.

Using ultrasound measurements for marbling and LM area, Baker et al. (2006) developed a model to predict empty body fat (**EBF**) of yearling bulls and found r^2 of 0.72 and RMSEP of 2.14%. This model had back fat (cm), hot carcass weight (kg), marbling (visual determination) and LM area (cm²) as determinant variables. As a procedure to determine the body composition in live animals, the authors plotted back fat and LM area measured by ultrasound, added by hot carcass weight, to predict EE in BW_{EE} . The hot carcass height was estimated as

proposed by Garrett and Hynman (1969) as a function of body weight, and the BW_{EE} was estimated by its content on the carcass (Garret and Hynman, 1969). This equation had r^2 of 0.62 and RMSEP of 2.49%.

The equations proposed by Hankins and Howe (1946) and Garrett and Hynman (1969) to predict EB_{EE} had CCC of 0.22 when using physically separable fat to predict C_{EE} , and most of the errors of prediction could be accounted for by the mean bias (64.5%). These results showed the physical composition of the Rib₉₋₁₁ was not adequate to estimate body composition, overpredicting the content of EE in the EBW. Using EER to predict CEE produced good results of prediction, with a CCC of 0.91 and a MSE of 5.86. When we used the equation suggested by Valadares Filho et al (2006) to predict EB_{EE} , we observed the same pattern with a CCC of 0.90 and a MSE of 5.94. These two equations are adequate to predict EB_{EE} , but the Eq. [6]-[8] take into account sex effect.

It can be noted by Table 4 that not accounting the amount of EE in bones might represent an average of 1.96% less EE in the EBW. This is the amount of EB_{EE} represented by the EE on carcass bones, which is 11.4% of the EB_{EE} . . Therefore, considering the amount of C_{EE} as the same as those present in the soft tissue, it will overestimate the C_{EE} and EB_{EE} . The means bias using the EE content in Rib₉₋₁₁ was 0.28% of EE, showing that besides the problem discussed above, the error was not great, and the equation developed by Hankins and Howe (1946), when used together with those developed by Garret and Hynman (1969), might estimated reasonably the EB_{EE} .

As observed in the carcass, the CV of protein, ash, and water contents in the empty body was strongly reduced when expressed as percentage of fat-free matter, from 8.72, 17.4, and 8.05%, to 6.58, 14.4, and 2.52%; respectively.

Crude Protein (EB_{CP}). The CPR ($P < 0.0001$) and VF ($P < 0.0001$) were the main independent variables in predicting EB_{CP} . The ARH(1) was the covariance structure with better fit (AIC = 692.3). The study effect was significant for the intercept ($P = 0.082$) and for the CPR coefficient ($P = 0.073$) and, as occurred for the carcass equation, no breed or sex effects were found. Equation 9 explained 58.9% of the variation of which 95.8% was explained by CPR and the remaining 4.83% was explained by VF. Biases of 0.025, -0.001, and -0.001 for the intercept, CPR, and %VF; respectively, were found, indicating a good accuracy by the Eq. [9]. The cross-validation estimated a MSE of 1.06.

$$EB_{CP} = 10.78 \pm 0.92 + 0.47 \pm 0.04 \times CPR - 0.21 \pm 0.06 \times VF \quad [9]$$

Where EB_{CP} is the empty body CP, %; CPR is the CP in the Rib₉₋₁₁, %; and VF is visceral fat, % of KPH plus mesenteric fat in the empty BW.

Using the physical composition of Rib₉₋₁₁ equation (Hankins and Howe, 1946) with the equation suggested by Garret and Hinman (1969) to predict EB_{CP} , a CCC of 0.08 and RMSEP of 11.46% were observed. The prediction was improved when we used the chemical composition (Table 5) on Rib₉₋₁₁ equation (Hankins and Howe, 1946). The EER and CPR produced the best prediction of EB_{CP} with CCC of 0.62 and 0.61, respectively. The CPR model had better results most of the RMSEP was represented by random errors (80.1%), whereas the EER model had problems with mean bias (30.2% of the RMSEP).

Using Valadares Filho et al. (2006) equation to predict EB_{CP} yielded an r^2 of 0.75, a CCC of 0.62, and RMSEP of 1.21%. Some problems in the systematic bias of the RMSEP was found (18.2%), therefore their equation should be used carefully.

Water (EB_W). The equation defined by the stepwise procedure included WR, VF, and OV to predict EB_W . The random effect of study was significant ($P = 0.066$) only for WR. There were sex effects on the intercept ($P = 0.001$), WR ($P = 0.004$), and VF ($P < 0.0001$). Therefore one equation was fitted for each sex. No breed effect was observed for any coefficient ($P > 0.05$). The same behavior was reported by Nour and Thonney (1994). The VC structure was used with an AIC of 999.2. The equations for each sex are shown in Eqs. [10]-[12].

$$\text{Bulls } EB_W = 38.31 \pm 6.66 + 0.33 \pm 0.09 \times WR - 1.09 \pm 0.50 \times VF + 0.50 \pm 0.13 \times OV \quad [10]$$

$$\text{Steers } EB_W = 45.67 \pm 7.16 + 0.25 \pm 0.10 \times WR - 1.89 \pm 0.52 \times VF + 0.50 \pm 0.13 \times OV \quad [11]$$

$$\text{Heifers } EB_W = 31.61 \pm 7.10 + 0.47 \pm 0.10 \times WR - 1.06 \pm 0.52 \times VF + 0.50 \pm 0.13 \times OV \quad [12]$$

Where EB_W is empty body water, %; WR is the water in the Rib₉₋₁₁, %; VF is visceral fat, % of KPH plus mesenteric fats in empty BW; OV is organs plus viscera in the empty BW, %

Equations [10]-[12] accounted for 81.4% of the total variation of which 90.4% was explained by WR, 6.39% was explained by VF, and 3.22% was explained by OV. There were biases on the intercept of 0.439, -0.333, and 0.239, on the WR coefficient of 0.003, 0.006, and 0.003, and on the VF coefficient of -0.054, 0.176, and 0.216 for bulls, steers and heifers, respectively. A bias on the OV coefficient of -0.007 was observed. The cross-validation suggested a MSE of 3.84.

The equations suggested by Hankins and Howe (1946) and Garrett and Hynman (1969) to predict EB_W produced good predictions with CCC of 0.71 when using EER and CCC of 0.86 when using WR (Table 5). Some problems were observed in both models, where EER model had 35.3% of mean bias and 35.1% of systematic bias on RMSEP. The equations which use the WR as the independent variable had a better behavior but 20.5% of the RMSEP was accounted for by a systematic bias. The equation suggested by Valadares Filho et al. (2006) had the best prediction (Table 5), despite having a lower CCC (0.82), because most of the MSEF was due to random errors. The Hankins and Howe (1946) equation had less CCC for EB_W in comparison to those of C_W . Some error might have been added when using the Garrett and Hynman (1969) equation to convert water in the carcass to water in the empty body.

The protein to ash ratio when expressed as fat-free dry matter EBW was 77.6:22.4, but it was even more well defined, because the standard deviation was 28.5% lower (3.61 vs 2.59), evidencing that it is also possible to predict protein and ash in EBW using only the content of water and ether extract in EBW.

Carcass Physical Composition

Fat (C_F). Fat content in the Rib₉₋₁₁ along with VF were the main independent variables to predict C_F . There were random effects on the intercept ($P = 0.099$), FR ($P = 0.080$), and VF ($P = 0.100$) coefficients. There was a sex effect on the intercept ($P = 0.006$) and an interaction sex by breed on the VF coefficient ($P < 0.0001$). The basic equation is shown in Eq. [13], and the intercepts and VF coefficients are shown in Table 6.

$$C_F (\%) = a + 0.30 \pm 0.03 \times FR + b \times VF \quad [13]$$

Where a is the intercept influenced by sex, and b is the VF coefficient, affected by sex and breed (Table 6); C_F is carcass fat, %; FR is fat in the Rib9-11, %; and VF is visceral fat, % of KPH plus mesenteric fat in the empty BW.

The variance structure ARH(1) with an AIC statistic of 981.2 was used. Equations [14]-[21] accounted for 79.3% of the variation of C_F . This amount was explained by FR (84.9%) and VF (15.1%). The bootstrap analysis suggested no bias on the FR coefficient. The other biases are shown in Table 6. Most of the coefficients had small bias. The cross-validation suggested a MSE of 9.04-. The hide removal process is important because some fat might be left in the hide, decreasing the fat content of the carcass.

The ligaments were considered protein in all studies used in this work, including the work done by Valadares Filho et al. (2006). Some experiments have grouped them to bones (Crouse and Dikeman, 1974; Nour and Thonney, 1994) or even separated them as trim (Perry and Fox, 1997). These discrepancies increase the experimental error and make direct comparisons between experiments more difficult.

Guiroy et al. (2001) estimated carcass fat using data from 407 steers based on the work done by Nour (1982), Perry and Fox (1997), and Guiroy (2001). They found an r^2 of 0.61 and MSE of 3.81. The database was comprised of Angus, Holsteins, Hereford, Simmental and crossbreeds Simmental x Angus. The authors developed an equation to estimate EBF (r^2 of 0.61, MSE of 3.52, CV of 11.93%). Guiroy et al. (2001) also reported that r^2 and MSE were higher if breed and experiment were included in the model. This observation agrees with the present

study in which breed affected the fat composition in carcass. Perry and Fox (1997) proposed an equation to predict carcass fat based on the fat thickness and equivalent SBW and found a r^2 of 0.96 and bias of 3%. The evaluation of the equation proposed by Hankins and Howe (1946) to predict carcass fat yielded a CCC of 0.59 and a RMSEP of 6.99%. A great part of the error of prediction was due to mean bias (54.9%), confirming the problems discussed above about physical determination of rib section and carcass may lead to great prediction errors. These results also may explain why the error to estimate EE in carcass and EBW using physical measurements were great.

Lean (C_L). The lean percentage in the carcass was explained by LR and VF. The variance-(co)variance structure was VC (AIC of 1102.1). Random effect was found only for VF ($P = 0.064$). It was observed breed effect on the intercept ($P = 0.008$) and LA ($P = 0.005$), but Nellore and NS were not different ($P = 0.918$) for both coefficients. This response can be easier explained due to differences in degree of maturity among breeds. Although all animals were 50% Nellore, British breeds are considered early maturity, Nellore medium maturity and Simmental late maturity by NRC (2000). It is important to clarify that the database used in this analysis had average EBW of 329 ± 78 kg. Therefore, it is possible that only animals NA had reached maturity and that was sufficient to determine breed effect on lean percentage of carcass. The equations for each breed type are shown in Eq. [22] and [23].

$$\text{Nellore and NS} \quad C_L = 57.33 \pm 4.66 + 0.20 \pm 0.08 \times \text{LR} - 1.39 \pm 0.13 \times \text{VF} \quad [22]$$

$$\text{NA} \quad C_L = 60.96 \pm 4.82 + 0.12 \pm 0.08 \times \text{LR} - 1.39 \pm 0.13 \times \text{VF} \quad [23]$$

Where C_L is carcass lean, %; LR is the lean in the Rib₉₋₁₁, %; and VF is visceral fat, % of KPH plus mesenteric fat in the empty BW.

Equations [22] and [23] explained only 51.4% of the total variation in C_L of which VF had the major importance (86.8%) and LR accounted for only 13.2%. After maturity, the most significant change in carcass composition is the fat deposition represented, in this case, by visceral fat, causing this amount of influence on the lean prediction model. According to Reid et al. (1955), the chemical maturity would occur when the content of ash, protein, and water in fat-free matter become constant (or almost constant); therefore, the proportion of these components in the carcass or body would be mostly affect by the fat composition of the gain. There were found biases of -0.028, and -0.145 for intercept and no bias for LR (for NE and NS; and NA, respectively), and of -0.006 for VF coefficient. The cross-validation suggested a MSE of 8.87, which could be considered high because of the average of $61.8 \pm 4.12\%$ of lean in the carcass.

Some equations using measurements in live animals found good correlations of carcass fat with the lean content in the carcass. Using 12/13th rib subcutaneous fat depth, 12/13th LM area, rump fat, and BW, Greiner et al. (2003) found an r^2 of 0.66. Bergen et al. (2003) using the same variables excluding only the BW, showed correlations between 0.71 and 0.73. Bergen et al. (2005) using two different probes and measuring rib fat depth, LM size, hip height, shoulder height, *gluteus medius* depth, 12th rib body wall depth, rump fat depth, and marbling score proposed eight equations to predict lean in carcass with r^2 of 0.41, 0.46, 0.44, 0.46, 0.62, 0.63, 0.51, and 0.55; respectively.

The equation proposed by Hankins and Howe (1946) to estimate lean in the carcass had similar statistics as Eq. [22]-[23] with CCC of 0.39 and RMSE of 5.78%. This RMSE was greater than the RMSE of 2.98% obtained with Eq. [22]-[23]. This similarity between fat and lean models might be explained due their strong negative correlation (-0.91).

Bone (C_B). The content of bone in the carcass was predicted by BR, CD, and VF, according to the stepwise procedure. Study affected BR ($P = 0.0729$). The only variance structure that converged was VC and its AIC was 878.7. The VF was affected by sex ($P = 0.001$), however, NE and NS were not different ($P = 0.184$), thus one single equation was fitted for these genders. The final equations by breed are shown in Eq. [24] and [25].

$$\text{NE and NS } C_B = 29.26 \pm 3.31 + 0.30 \pm 0.04 \times \text{BR} - 0.21 \pm 0.05 \times \text{CD} - 0.95 \pm 0.09 \times \text{VF} \quad [24]$$

$$\text{NA } C_B = 29.26 \pm 3.31 + 0.30 \pm 0.04 \times \text{BR} - 0.21 \pm 0.05 \times \text{CD} - 1.01 \pm 0.12 \times \text{VF} \quad [25]$$

Where C_B is carcass bones, %; BR is the bone in the Rib9-11, %; CD is carcass dressing in the empty BW, %; and VF is visceral fat, % of KPH plus mesenteric fat in the empty BW.

Equations [24]-[25] accounted for 77.1% of the data variation of which BR accounted for 85.5%, VF accounted for 11.1%, and CD accounted for 3.04%. The bootstrap analysis indicated biases of -0.505, 0.003 and 0.007 for the intercept, and the BF and CD coefficients, respectively. The biases for the VF coefficient were 0.005 for NE and NS and 0.006 for NA. The cross-validation showed a good fitness with an MSE of 2.05.

When we used the equations devised by Hankins and Howe (1946) to predict the content of bone in the carcass a CCC of 0.61 and RMSEP of 2.98 were

obtained. Bone is less variable than lean and fat in the carcass, especially with BW greater than 300 kg (Berg and Butterfield, 1968).

Simplified Equations

The equations shown in Table 7 were developed without considering variables that most likely are not available under practical conditions, including OV and VF. The AIC statistics presented in Table 7 were greater ($P < 0.05$; Motulsky and Christopolus, 2003) than those discussed above (full equations). However, the equations shown in Table 7 had good precision and small RMSE. When carcass weight, and EBW were included in the simplified equations, there was an improvement between 5 and 10% in most cases, but this also proved to be better than using rib composition alone. Sex was significant on Eqs. [26] to [39] and [43] to [50] and breed was significant on Eqs. [32]-[39] and [43]-[50]. These effects suggest that VF could control for this kind of variation for C_{EE} , EB_{CP} , and C_B full equations.

Effect of Plain of Nutrition on Body Composition. The nutritional plain is one of the most studied subjects to affect body composition and growth development. The opinions found in the literature vary from none to big influences depending on how it was analyzed. Nour et al. (1981) hypothesized the diet energy is an important factor in fat deposition, although muscle was not affected by the diet in their study. Prior et al. (1977) reported that in high energy diets, small animals have increased their fat deposition rate more intensely than large animals during finishing, but usually the small frame animals are closest to maturity than large animals. Ferrell et al. (1978) discussed that there are great

changes in growth rates, feed efficiency and carcass traits in different diets. High energy diets have heavier carcasses but required more ME per kg of gain. Those carcasses had more fat and less water and protein, resulting in lower amounts of lean cuts. The diet did not affect crosses or small breed fed same diet during all trial, thus high energy diets improve the growth rates but most part of this increment is formed by fat, with no direct result in meat production increase. On the other hand, Nour and Thonney (1987) and Williams et al. (1983) agreed that diet do not influence the proportion of soft tissue in carcass. If this is true, probably the diet is more correlated with the composition of soft tissue than with its proportion in carcass. The slaughter weight could be an important agent affecting these results. Ferrell et al. (1978) noticed that diet can increase the rate of gain but it is not necessarily correlated with lean gain. The authors observed that high grain fed diet increases the gain but its gain is directed mostly to fat gain. This way, the principal component provided by beef not necessarily increases. According to Berg and Butterfield (1976), the partitioning of nutrients is more relative than absolute. Fat deposition will depend strongly on the amount of available nutrients above those required to maintenance. Under starvation, fat will be the first component burned and bone the last required to maintain vital functions, thus bones resist depletion more than muscle and fat.

Although plain of nutrition is very important for corporal composition changes, its inclusion in predictive equations is not easy and this data is not always available. This partially explains the inclusion of variables like VF and/or OV were important in seven of the 9 full equation developed. The use of internal organs data may explain possible nutritional effects and when associated with the

amount of one specific component in the rib one can improve the prediction of carcass and empty body composition. Butterfield (1966) showed that carcass fat (subcutaneous and intermuscular) are readily available to the animal when it comes to any kind of restriction, however, visceral fat, which is more correlated with the animal metabolism, is more constant and is less used for energy supply in possible feeding challenges. Crouse and Dikeman (1974) used kidney, pelvic, and heart fat to improve models in corporal composition. The present study showed that VF can improve the predictions in a range between 4.83% (Eq. [9]) and 86.5% (Eqs. [22] and [23]). Crouse and Dikeman (1974) also tested carcass weight as a possible variable to be included in the models, but, contrary to the present findings, they found no correlation between carcass weight and corporal composition. In the presented study CW was included in three of the seven simplified equations.

Breed and Sex Effects. Sex was significant in seven and breed was important in six equations. It is well known their correlation with maturity and corporal composition. Fox and Black (1984) showed that different frame size animals and sex had different corporal composition at the same BW. They developed one table to adjust for possible effects of sex and frame size on mature BW. The EBW in this study ranged from 175 to 506 kg but it did not find both effects in all evaluated corporal composition. On the other hand, gathering full and simplified equations, only CPP was not affected by sex or breed (Eq. [2]). The physical composition had a strong breed influence in all components (fat, lean and bone) and only fat was affected by sex. Despite the error associated with the physical composition, these data represent the importance of the difference

between them. These results seems logical once the difference between gender could come mainly on the rate of gain, thus maintaining the proportion of bones and lean in the carcass and varying only the amount of fat deposited.

IMPLICATIONS

Body and carcass compositions could be estimated by the composition of the 9-11th rib section and other variables. Simplified equations had good accuracy and precision compared to the full equations. The equations developed can be used with considerable precision and accuracy and accounted for a wide range of environments. However the physical composition equation did not have good precision and should be better evaluated. The database was comprised of pure and crossbreeds zebu cattle, thus further studies should be done in orther to test and improve the equations developed.

LITERATURE CITED

- Albin, R. C., D. W. Zinn, S. E. Curl, and G. H. Patsch. 1967. Growth and fattening of the bovine. III. Effect of energy intake upon carcass composition. *J. Anim. Sci.* 26: 209 (Abstr.).
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analysis Chemists, Arlington, VA.
- Baker, M. J., L. O. Tedeschi, D. G. Fox, W. R. Henning, and D. J. Ketchen. 2006. Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. *J. Anim. Sci.* 84: 2666-2672.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1968. Growth patterns of bovine muscle, fat and bone. *J. Anim. Sci.* 27: 611-679.
- Berg, R. T., and R. M. Butterfield. 1976. New concepts of cattle growth. Macarthur Press, Sidney.

- Bergen, R., D. H. Crews, Jr., S. P. Miller, and J. J. McKinnon. 2003. Predicting lean meat yield in beef cattle using ultrasonic muscle depth and width measurements. *Can. J. Anim. Sci.* 83: 429-434.
- Bergen, R., S. P. Miller, I. B. Mandell, and W. M. Robertson. 2005. Use of ultrasound weight and linear measurements to predict carcass composition of young beef bulls. *Can. J. Anim. Sci.* 85: 23-35.
- Bibby, J., and H. Toutenburg. 1977. Prediction and improved estimation in linear models. John Wiley & Sons, Berlin, Germany.
- Busch, D. A., C. A. Dinkel, D. E. Schafer, H. J. Tuma, and B. C. Breidenstein. 1968. Predicting edible portion of beef carcasses from rib separation data. *J. Anim. Sci.* 27: 351-354.
- Canty, A. and Ripley, B. 2009. boot: Bootstrap R (S-Plus) Functions. R package version 1.2-41.
- Chizzotti, M. L. 2007. Nutrient requirements of Nelore cattle, purebred and crossbred, of different sexual groups. Ph.D. Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brazil.
- Clark, J. L., H. B. Hedrick, and G. B. Thompson. 1976. Determination of body composition of steers by ⁴⁰k. *J. Anim. Sci.* 42: 352-356.
- J. Anim. Sci. Cook, A. C., M. L. Kohli, and W. M. Dawson. 1951. Relationship of five body measurements to slaughter grade, carcass grade, and dressing percentage in milking shorthorn steers. *J. Anim. Sci.* 10: 386-393.
- Crouse, J. D., and M. E. Dikeman. 1974. Methods of estimating beef carcass chemical composition. *J. Anim. Sci.* 38: 1190-1196.
- Davidson, A. C., and D. V. Hinkley. 1997. Bootstrap methods and their applications. Cambridge University Press, Cambridge.
- Enns, R. M., and G. B. Nicoll. 2008. Genetic change results from selection on an economic breeding objective in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 86: 3348-3357.
- Fernandes, H. J., L. O. Tedeschi, M. F. Paulino, and L. M. Paiva. 2010. Determination of carcass and body fat compositions of grazing crossbreed bulls using body measurements. *J. Anim. Sci.* (doi:10.2527/jas.2009-1919).
- Fortin, A. et al. 1980. Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on the chemical composition of cattle. *J. Anim. Sci.* 51: 604-614.
- Fox, D. G., and J. R. Black. 1984. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *J. Anim. Sci.* 58: 725-739.
- Garrett, R. P., and H. Hinman. 1969. Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. *J. Anim. Sci.* 28: 1-5.
- Greiner, S. P., G. H. Rouse, D. E. Wilson, L. V. Cundiff, and T. L. Wheeler. 2003. Accuracy of predicting weight and percentage of beef carcass retail product using ultrasound and live measurements. *J. Anim. Sci.* 81: 466-473.

- Guiroy, P. J. 2001. A system to improve local beef production efficiency and consistency in beef quality and its implementation through the creation of a strategic alliance. Ph.D. Diss, Cornell University, Ithaca.
- Guiroy, P. J., D. G. Fox, L. O. Tedeschi, M. J. Baker, and M. D. Cravey. 2001. Predicting individual feed requirements of cattle fed in groups. *J. Anim. Sci.* 79: 1983-1995.
- Hankins, O. G., and P. E. Howe. 1946. Estimation of the composition of beef carcasses and cuts. 926, USDA, Washington, DC.
- Hopper, T. H. 1944. Methods of estimating the physical and chemical composition of cattle. *J. Agric. Res.* 68: 239-268.
- Johnson, L. P., J. O. Reagan, K. D. Haydon, and M. F. Miller. 1990. The prediction of percentage of protein in pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 68: 4176-4184.
- Kennick, W. H., and D. C. England. 1960. A method of estimating the percentage of protein and fat in the edible portion of steer carcasses. *J. Anim. Sci.* 19: 1190-1194.
- Kirton, A. H., and R. A. Barton. 1962. Study of some indices of the chemical composition of lamb carcasses. *J. Anim. Sci.* 21: 553-557.
- Kraybill, H. F., H. L. Bitter, and O. G. Hankins. 1952. Body composition of cattle. li. Determination of fat and water content from measurement of body specific gravity. *J. Appl. Physiol.* 4: 575-583.
- Lin, L. I.-K. 1989. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics* 45: 255-268.
- Machado, P. A. S. 2009. Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagem de *brachiaria decumbens*, suplementados no período de transição águas-seca. PhD Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brazil
- Marcondes, M. I. 2007. Desempenho de bovinos nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação protéica de alimentos para ruminantes. MS Diss, Universidade Federal de Viçosa, Brazil.
- Moraes, E. H. B. K. 2006. Desempenho e exigência de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação. PhD Thesis, Universidade Federal de Viçosa, , Brazil.
- Motulsky, H., and A. Christopoulos. 2003. Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. GraphPad Software Inc., San Diego, CA.
- Nour, A. Y. M. 1982. Bovine carcass characteristics, quality, yield, palatability, chemical composition, and mineral profile of early and late maturing breeds of cattle fed two diets in two locations and serially slaughtered over a wide weight range. Ph.D. Diss, Cornell University, Ithaca.
- Nour, A. Y. M., and M. L. Thonney. 1987. Carcass soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing

- types and serially slaughtered over a wide weight range. J. Agric. Sci. 109: 345-356.
- Nour, A. Y. M., and M. L. Thonney. 1994. Technical note: Chemical composition of angus and holstein carcasses predicted from rib section composition. J. Anim. Sci. 72: 1239-1241.
- NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle. Updated 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Paixão, M. L. 2008. Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de *brachiaria decumbens*, com suplementação protéica. PhF Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brazil.
- Panaretto, B. A. and A. R. Till. 1963. Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antipyrine, tritiated water and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces. Aust. J. Agr. Res. 14:926.
- Paulino, M. F. et al. 2006. Bovinocultura de precisão em pastagens. In: F. d. C. Figueiredo et al. (eds.) Simpósio de produção de gado de corte No. 5. p 361-412. UFV, Viçosa-MG.
- Paulino, P. V. R. 2002. Exigências nutricionais e validação da seção hh para predição da composição corporal de zebuínos. MS Diss, Universidade Federal de Viçosa, Brazil
- Paulino, P. V. R. 2006. Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos nelore de diferentes classes sexuais. PhD Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brazil
- Perry, T. C., and D. G. Fox. 1997. Predicting carcass composition and individual feed requirement in live cattle widely varying in body size. J. Anim. Sci. 75: 300-307.
- Porto, M. O. 2009. Suplementos múltiplos para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *brachiaria decumbens*. PhD Thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brazil.
- Powell, W. E., and D. L. Huffman. 1973. Predicting chemical composition of beef carcasses from easily obtainable carcass variables. J. Anim. Sci. 36: 1069-1076.
- Prior, R. L., R. H. Kohlmeier, L. V. Cundiff, M. E. Dikeman, and J. D. Crouse. 1977. Influence of dietary energy and protein on growth and carcass composition in different biological types of cattle. J. Anim. Sci. 45: 132-146.
- R Development Core Team (2009). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Reid, J. T., G. H. Wellington, and H. O. Dunn. 1955. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. J. Dairy Sci. 38: 1344-1359.
- Robelin, J., Y. Geay, and C. Béranger. 1979. Evolution de la composition corporelle de jeunes bovins mâles entiers de race limousine entre 9 et 19 mois. II, composition chimique et valeur calorifique. Annales de Zootechnie 28: 191.

- Simon, J. L. 1997. Resampling: The new statistics. Resampling Stats.
- Seo, S., L. O. Tedeschi, C. G. Schwab, and D. G. Fox. 2006. Development and evaluation of empirical equations to predict feed passage rate in cattle. Anim. Feed Sci. Technol. 128: 67-83.
- Tedeschi, L. O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. Agric. Syst. 89: 225-247.
- Tylutki, T. P., D. G. Fox, and R. G. Anrique. 1994. Predicting net energy and protein requirements for growth of implanted and nonimplanted heifers and steers and nonimplanted bulls varying in body size. J. Anim. Sci. 72: 1806-1813.
- Valadares Filho, S. C., P. V. R. Paulino, and K. A. Magalhães. 2006. Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE. 1 ed. Suprema Grafica Ltda, Viçosa, MG, Brazil
- Williams, J. E. et al. 1983. Effect of production systems on performance, body composition and lipid and mineral profiles of soft tissue in cattle. J. Anim. Sci. 57: 1020-1028.
- Zinn, D. W., A. R.C., S. E. Curl, and C. T. Gaskins. 1966. Growth and fattening of the bovine. II. Postweaning protein and gross energy composition. In: Proc. Westn. Sec. Am. Soc. An. Sci. p 151.

Table 1. Descriptive statistics of the database

References	Breed	Sex	System ₁	N	EBW ² range
Chizzotti (2007)	F ₁ Nellore x Angus	Steers	F	12	201 - 415
		Heifers		12	175 - 386
		Bulls		12	218 - 449
Souza (unpublished data)	F ₁ Nellore x Angus	Heifers	F	20	210 - 442
	Nellore			19	192 - 368
Marcondes (2007)	Nellore	F ₁ Nellore x Simmental	F	18	201 - 415
		Steers		9	225 - 388
		Heifers		9	198 - 353
Marcondes (Unpublished data)	F ₁ Nellore x Angus	Bulls	F	9	221 - 433
		Nellore		20	285 - 506
		Steers		20	246 - 447
Paulino (2006)	Nellore	F ₁ Nellore x Simmental	F	20	275 - 492
		Steers		15	253 - 391
Paulino (2002)	Nellore	Heifers	F	16	225 - 397
		Bulls		16	283 - 438
Machado (2009)	Nellore	Steers	F	19	200 - 381
Moraes (2006)	Nellore	Bulls	P	14	228 - 335
Paixão (2008)	Nellore	Bulls	P	13	118 - 314
Porto (2009)	Nellore	Bulls	P	21	235 - 387
		Bulls	P	35	145 - 436

¹F is feedlot and P is pasture;

²EBW is the empty BW, kg.

Table 2. Summary of physical composition for feedlot and pasture systems.

Item	Mean	SD	Max	Min	Mean	SD	Max	Min
	Feedlot				Pasture			
Empty BW, kg	328	78.8	506	176	286	59.1	437	119
Carcass weight, kg	206	50.3	323	99.7	177	38.1	273	68.4
Organs plus viscera ¹	15.3	1.6	21.8	12.2	14.5	1.3	17.8	11.8
Visceral fat ¹	4.6	1.6	8.8	1.4	2.7	0.6	5.4	1.7
Fat in carcass, %	20.7	6.3	33.6	7.3	14.7	3.3	29.8	7.00
Lean in carcass, %	61.8	4.2	73.1	52.8	63.9	3.3	71.7	56.3
Bone in carcass, %	17.5	3.0	28.1	12.6	21.4	3.0	31.1	13.1
Fat in rib cut, %	28.1	9.00	50.6	7.0	19.2	4.6	33.2	7.1
Lean in rib cut, %	53.4	7.2	71.4	25.0	56.1	4.7	64.7	42.2
Bone in rib cut, %	18.7	3.9	32.7	11.4	24.7	3.9	38.7	17.2

¹Percentage of empty BW

Table 3. Summary of chemical composition for feedlot and pasture systems.

Item ¹	Mean	SD	Max	Min	Mean	SD	Max	Min
	Feedlot				Pasture			
EER, %	23.18	8.91	50.85	4.85	12.79	3.21	20.04	6.29
CPR, %	16.71	2.07	23.97	11.38	18.07	1.12	21.60	15.88
AR, %	6.64	1.41	12.55	1.79	7.46	1.06	9.87	4.96
WR, %	52.76	6.53	67.62	29.29	62.38	2.47	68.20	55.71
EB _{EE} , %	18.15	5.60	29.95	4.15	11.04	3.10	20.49	5.52
EB _{CP} , %	17.60	1.62	23.38	12.92	18.70	0.97	21.91	16.70
EB _A , %	5.08	0.89	8.11	2.27	5.56	0.87	8.89	2.61
EB _W , %	58.46	4.27	71.41	49.07	65.14	2.33	71.06	58.82
C _{EE} , %	17.87	5.20	29.84	3.87	11.11	3.20	21.22	4.81
C _{CP} , %	17.31	1.93	28.52	12.35	18.66	1.09	21.32	15.21
C _A , %	6.25	1.30	12.86	2.00	6.99	1.33	12.11	1.91
C _W , %	57.98	3.91	73.54	43.91	63.24	3.20	71.15	53.92

¹EER is the ether extract in Rib₉₋₁₁; CPR is the crude protein in Rib₉₋₁₁; AR is the ash in Rib₉₋₁₁; WR is the water in Rib₉₋₁₁; EB_{EE} is the ether extract in the empty BW; EB_{CP} is the crude protein in the empty BW; EB_A is the ash in the empty BW; EB_W is the water in empty BW

Table 4. Amount of carcass and empty BW ether extract, crude protein, water and ash and the part of it represented by the carcass bones.

Items ¹	Mean	SD	Min	Max	%
C _{EE}	17.18	5.44	3.87	29.84	
% C _{EE} from carcass bones	3.12	1.19	0.02	7.25	18.18
EB _{EE}	17.20	5.76	5.27	29.95	
% EB _{EE} from carcass bones	1.96	0.75	0.01	4.47	11.38
C _{CP}	17.47	1.93	12.35	28.52	
% C _{CP} from carcass bones	3.30	1.08	0.03	8.35	18.85
EB _{CP}	17.49	1.60	12.92	22.62	
% EB _{CP} from carcass bones	2.06	0.67	0.02	5.20	11.78
C _W	58.94	4.01	43.91	73.54	
% C _W from carcass bones	5.36	1.97	0.05	11.36	9.10
EB _W	60.21	4.31	49.10	71.41	
% EB _W from carcass bones	3.35	1.22	0.03	7.30	5.57

¹C_{EE} is carcass EE, %; EB_{EE} is empty body EE, %; C_{CP} is carcass CP, %; EB_{CP} is empty body CP, %; C_W is carcass water, %; EB_W is empty body water, %;

Table 5: Evaluation of equations developed to predict chemical and physical composition of carcass and empty body weight

Equations ¹	Intercept	Slope	MSE	R ²	Mean Bias	CCC	RMSEP	% Mean Bias	% Slope	% Rdm ²
<i>Carcass Ether Extract</i>										
HH _{physical fat}	7.77	0.34	25.09	0.20	-8.17	0.24	10.72	58.1	20.2	21.7
HH _{chemical EE}	2.90	0.71	7.10	0.77	-2.54	0.80	4.19	36.7	23.2	40.1
Valadares	-0.11	1.02	7.67	0.77	0.18	0.88	2.77	0.45	0.11	99.4
<i>Carcass Crude Protein</i>										
HH _{physical lean}	15.15	0.15	3.39	0.01	1.46	0.08	2.66	30.3	22.1	47.6
HH _{chemical CP}	1.96	0.91	2.06	0.40	0.36	0.58	1.48	5.94	0.66	93.4
HH _{chemical EE}	7.83	0.56	2.23	0.35	0.05	0.59	1.72	0.09	25.2	74.7
HH _{chemical WT}	9.41	0.51	2.59	0.24	1.62	0.72	2.44	44.2	12.6	43.2
Valadares	5.80	0.69	2.12	0.34	0.41	0.56	1.58	6.60	8.71	84.7
<i>Carcass Water</i>										
HH _{chemical EE}	31.17	0.46	8.41	0.56	-1.57	0.65	5.04	9.63	57.5	32.8
HH _{chemical WT}	25.24	0.59	8.45	0.56	1.42	0.70	3.96	12.9	33.6	53.5
Valadares	-17.3	1.30	5.63	0.76	0.72	0.79	2.65	7.43	13.1	79.5
<i>Empty Body Weight Ether Extract</i>										
GH-HH _{physical fat}	6.55	0.38	28.2	0.20	-9.20	0.22	11.46	64.5	14.1	21.4
GH-HH _{chemical EE}	2.31	0.84	5.86	0.83	-0.28	0.91	6.59	1.17	14.5	84.3
Valadares	-0.48	0.99	5.94	0.83	-0.65	0.90	2.51	6.69	0.05	93.2
<i>Empty Body Weight Crude Protein</i>										
GH-HH _{physical lean}	15.5	0.14	2.41	0.01	0.84	0.08	2.02	17.3	24.0	58.7
GH-HH _{chemical CP}	-0.75	1.04	1.34	0.45	-0.02	0.61	1.15	0.02	0.13	99.9
GH-HH _{chemical EE}	6.20	0.64	1.47	0.40	-0.26	0.62	1.35	3.66	16.2	80.1
GH-HH _{chemical WT}	8.20	0.57	1.80	0.26	0.96	0.42	1.75	30.2	11.5	58.3
Valadares	6.64	0.63	1.34	0.39	-0.04	0.62	1.27	0.08	18.2	81.7
<i>Empty Body Weight Water</i>										
GH-HH _{chemical EE}	22.92	0.59	6.76	0.71	-2.83	0.71	4.77	35.3	35.1	29.6
GH-HH _{chemical WT}	13.68	0.77	5.88	0.75	0.07	0.86	2.71	0.06	20.5	79.5
Valadares	-7.91	1.15	5.63	0.76	0.90	0.82	2.59	12.2	4.24	83.6
<i>Carcass Fat</i>										
HH _{physical fat}	3.27	0.65	15.65	0.60	-5.18	0.59	6.99	54.9	13.3	31.8
<i>Carcass Lean</i>										
HH _{physical lean}	40.20	0.37	12.64	0.24	3.10	0.39	5.78	28.8	33.6	37.6
<i>Carcass Bone</i>										
HH _{physical EE}	3.05	0.93	5.38	0.55	1.87	0.61	2.98	39.3	0.43	60.3

¹HH is Hankins and Howe (1946) equations; Valadares is Valadares Filho et al. (2006) equations; GH-HH is suggestion conversion of carcass composition in body composition using Hankins and Howe Equation to predict carcass proposed by Garrett and Hinman (1969); ²Rdm = random.

Table 6. Coefficients 'a' and 'b' of Eq. [13] and their respective bias estimated by bootstrap¹

Eq.	Sex	Breed	a	Bias (a)	b	Bias (b)
[14]	Bulls	Nellore	0.689±1.89	-0.1465	1.177±0.45	0.0362
[15]		F ₁ Nellore × Angus			1.198±0.54	0.0267
[16]	Steers	Nellore	5.259±2.03	0.0157	0.379±0.24	0.0006
[17]		F ₁ Nellore × Angus			0.430±0.25	-0.0046
[18]		F ₁ Nellore × Simmental			0.740±0.24	-0.0003
[19]	Heifer s	Nellore	0.471±2.08	-0.1464	1.532±0.22	0.0032
[20]		F ₁ Nellore × Angus			1.981±0.23	0.0078
[21]		F ₁ Nellore × Simmental			2.338±0.25	-0.0009

¹ Using Eq. [14] to [21].

Table 7. Simplified equations to predict body chemical and physical composition using the 9-11th rib section chemical and physical composition.

Sex	Breed ¹	Equation ²	AIC ⁽³⁾	R ²	MSE ⁽⁴⁾	Eq.
Bull		$C_{EE} = -0.015 \pm 0.74 + 0.33 \pm 0.03 \times EER + 0.024 \pm 0.003 \times EBW$				[26]
Steer		$C_{EE} = 0.97 \pm 0.40 + 0.331 \pm 0.03 \times EER + 0.024 \pm 0.003 \times EBW$	1067.7	0.83	4.75	[27]
Heifer		$C_{EE} = 2.81 \pm 0.46 + 0.331 \pm 0.03 \times EER + 0.024 \pm 0.003 \times EBW$				[28]
Bull		$EB_{EE} = -0.33 \pm 0.73 + 0.41 \pm 0.02 \times EER + 0.023 \pm 0.003 \times EBW$				[29]
Steer		$EB_{EE} = 0.42 \pm 0.40 + 0.41 \pm 0.02 \times EER + 0.023 \pm 0.003 \times EBW$	1072.0	0.86	4.71	[30]
Heifer		$EB_{EE} = 2.05 \pm 0.45 + 0.41 \pm 0.02 \times EER + 0.023 \pm 0.003 \times EBW$				[31]
Bull	Nellore	$EB_{CP} = 5.19 \pm 2.91 + 0.75 \pm 0.18 \times CPR$				[32]
	NA	$EB_{CP} = 7.27 \pm 3.17 + 0.66 \pm 0.22 \times CPR$				[33]
Steers	Nellore	$EB_{CP} = 5.96 \pm 3.10 + 0.72 \pm 0.19 \times CPR$				[34]
	NA	$EB_{CP} = 7.81 \pm 3.24 + 0.60 \pm 0.19 \times CPR$	672.4	0.66	1.17	[35]
	NS	$EB_{CP} = 14.92 \pm 3.91 + 0.18 \pm 0.23 \times CPR$				[36]
Heifers	Nellore	$EB_{CP} = 8.32 \pm 3.32 + 0.53 \pm 0.20 \times CPR$				[37]
	NA	$EB_{CP} = 13.12 \pm 3.06 + 0.24 \pm 0.19 \times CPR$				[38]
	NS	$EB_{CP} = 9.72 \pm 3.45 + 0.43 \pm 0.21 \times CPR$				[39]
		$EB_W = 40.11 \pm 1.82 + 0.44 \pm 0.03 \times WR - 0.024 \pm 0.003 \times CW$	1070.1	0.75	4.58	[40]
		$C_F = 1.93 \pm 1.06 + 0.43 \pm 0.03 \times FR + 0.020 \pm 0.004 \times EBW$	1054.6	0.64	14.21	[41]
		$C_L = 55.17 \pm 2.27 + 0.22 \pm 0.03 \times LR - 0.025 \pm 0.004 \times CW$	1122.1	0.34	11.16	[42]
Bull	Nellore	$C_B = 18.54 \pm 1.35 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.025 \pm 0.004 \times CW$				[43]
	NA	$C_B = 22.16 \pm 1.36 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.041 \pm 0.005 \times CW$				[44]
Steers	Nellore	$C_B = 18.54 \pm 1.35 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.030 \pm 0.004 \times CW$				[45]
	NA	$C_B = 22.16 \pm 1.36 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.039 \pm 0.004 \times CW$	912.0	0.78	2.07	[46]
	NS	$C_B = 18.29 \pm 1.53 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.026 \pm 0.005 \times CW$				[47]
Heifers	Nellore	$C_B = 18.54 \pm 1.35 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.036 \pm 0.005 \times CW$				[48]
	NA	$C_B = 22.16 \pm 1.36 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.049 \pm 0.005 \times CW$				[49]
	NS	$C_B = 18.29 \pm 1.53 + 0.27 \pm 0.04 \times BR - 0.036 \pm 0.007 \times CW$				[50]

¹NA is crossbred Nellore-Angus and NS is crossbred Nellore-Simmental; ² C_{EE} is ether extract in carcass, EER is ether extract in Rib₉₋₁₁, EBW is empty BW, EB_{EE} is ether extract in empty BW, EB_{CP} is CP in empty BW, CPR is crude protein in Rib₉₋₁₁, EB_W is water in empty BW, WR is water in Rib₉₋₁₁, CW is carcass weight, C_F is carcass fat, FR is fat in Rib₉₋₁₁, C_L is lean carcass, LR is lean in Rib₉₋₁₁, C_B is bone in carcass, BR is bone in Rib₉₋₁₁; ³AIC is the akaike information criteria; ⁴MSE is the mean square error

Predição da composição de partes não-carcaça de bovinos

Resumo: Este trabalho objetivou desenvolver equações para prever a composição química da cabeça, membros, couro, sangue e órgãos e vísceras. Foi utilizado um banco de dados contendo 335 animais de 10 experimentos, contendo 221 animais da raça Nelore, 38 Nelore-Simental e 76 Nelore-Angus, sendo 96 machos castrados, 118 fêmeas e 121 machos não castrados. Foram construídos modelos para estimar água, extrato etéreo, proteína bruta, cinzas e macrominerais (cálcio, fósforo, magnésio, sódio e potássio) nas partes não-carcaça de bovinos. As análises de regressão foram realizadas inicialmente utilizando o procedimento stepwise para definir as variáveis mais significantes para cada variável e posteriormente um modelo aleatório contendo estudo como efeito aleatório e sexo e raça como efeitos fixos foi construído. A gordura visceral foi o componente que teve maior importância nos modelos desenvolvidos, afetando extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB) e água na cabeça, EE e água nos membros e órgãos mais vísceras (OV) e PB e água no couro e sangue. O rendimento de carcaça afetou o EE e água na cabeça, água nos membros, magnésio e cinzas nos OV; já o peso de carcaça teve efeito sobre a PB da cabeça e EE do couro. Este também foi afetado pela porcentagem de couro no corpo vazio (PCVZ). A porcentagem de OV no PCVZ influenciou a água no couro e sódio e cinzas nos OV. Por fim o PCVZ teve efeito sobre o conteúdo de sódio no couro. Dos efeitos fixos avaliados, sexo influenciou significativamente o EE na cabeça, membros e OV, assim como PB e sódio nos OV. Não foi observado efeito de grupo genético em nenhuma das equações obtidas. Pode-se concluir que a estimação da composição de membros, cabeça, couro e sangue, é possível e recomendada, uma vez afetam minimamente a composição final do PCVZ. A utilização das equações de predição da composição de órgãos e vísceras é recomendada apenas quando não há possibilidade de análises químicas do mesmo, uma vez que esse componente possui grande variabilidade e é altamente afetado pela dieta oferecida.

Prediction of non-carcass components in bovines

Abstract: This work was conducted to develop equations to predict chemical composition of head, limbs, hide, blood and organs plus viscera. A database containing 335 animals from 10 trials, with 221 Nellore, 38 Nellore-Simmental and 76 Nellore-Angus, being 96 steers, 118 heifers and 121 bulls was used. Models were constructed to estimate water, ether extract (EE), crude protein (CP), ash and macrominerals (calcium, phosphorus, magnesium, sodium and potassium) in the non-carcass parts of bovines. A stepwise procedure was conducted to determine the most significant variables within each model. Further, a random coefficient model was used to construct the equation using studies as random effect and sex and breed as fixed effect. The visceral fat was the most important variable in the prediction models developed, affecting EE, CP and water in head, EE and water in limbs and OV, and CP and water in hide and blood. Carcass dressing affected EE and water in head, water in limbs and magnesium and ashes in OV. Carcass weight had significant influence on head CP and hide EE. This was also affected by hide percentage in empty body weight. (EBW). The percentage of OV in EBW influenced water in hide and sodium and ashes in OV. At last, EBW had influence only on hide sodium. Evaluating the fixed effects, sex affected EE in head, limbs and OV, as well as CP and sodium in OV. It was not observed any breed effect on any obtained equations. It can be concluded that estimation of head, limbs, hide and blood is possible and well recommended, once they don't have great relevance to the estimation of EBW composition. The use of OV equation is recommended only when their chemical analysis is not possible, once this component has a great variability and it is affected by the diet.

INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX pesquisadores como Kleiber (1932) tentaram desenvolver um método preciso e acurado de estimar a composição corporal de bovinos sem a necessidade da dissecação completa do corpo.

Existem diversos modelos desenvolvidos para estimar diretamente a composição do corpo vazio (Hooper, 1944; Kraybill et al, 1952; Panaretto & Till, 1963; Clark et al., 1976; Valadares Filho et al. 2006); no entanto é provável que modelos empíricos para estimar a composição da carcaça sejam mais precisos que aqueles que visam a estimação do corpo como um todo. Isto é evidente no trabalho de Valadares Filho et al. (2006), que obtiveram menores erros padrão e maiores coeficientes de determinação para as equação de predição da composição da carcaça em comparação àquelas de predição de composição do corpo vazio.

Nesse sentido alguns pesquisadores desenvolveram modelos para predizer a composição da carcaça (Hankins & Howe, 1946; Powell & Huffman, 1973; Crouse & Dikeman, 1974; Valadares Filho et al., 2006) visando maior precisão nas estimativas, ou procurando estudar os desenvolvimento da composição da carcaça individualmente sem a necessidade de dissecação da mesma. Dessa forma, caso se utilize as equações de estimativa de composição de carcaça e se vise à composição corporal, ainda é necessária a obtenção da composição de membros, cabeça, couro, sangue e órgãos e vísceras, tornando o trabalho mais preciso, porém mais laborioso.

Portanto, objetivou-se desenvolver equações para prever a composição química da cabeça, membros, couro, sangue e órgãos e vísceras utilizando dados de diversos trabalhos desenvolvidos no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Um banco de dados contendo 335 animais de 10 experimentos conduzidos na Universidade Federal de Viçosa foi construído, contendo 221 animais da raça Nelore, 38 Nelore-Simental e 76 Nelore-Angus, sendo 96 machos castrados, 118 fêmeas e 121 machos não castrados (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos trabalhos utilizados para compor o banco de dados utilizado para estimar a composição de partes não-carcaça de bovinos

Referência	Grupo genético	Sexo ¹	N	PCVZ ²	
Chizzotti (2007)	Nelore x Angus	MC	12	201 - 415	
		Fêmeas	12	175 - 386	
		MI	12	218 - 449	
Souza (dados não publicados)	Nelore x Angus		20	210 - 442	
	Nelore	Fêmeas	19	192 - 368	
	Nelore x Simental		18	201 - 415	
Gionbelli (2010)	Nelore	Fêmeas	24	108 - 318	
		MC	9	225 - 388	
		Fêmeas	9	198 - 353	
Marcondes (2007)	Nelore	MI	9	221 - 433	
		Nelore x Angus		20	285 - 506
		Nelore	MC	20	246 - 447
Marcondes (dados não publicados)	Nelore x Simental		20	275 - 492	
		MC	15	253 - 391	
		Fêmeas	16	225 - 397	
Paulino (2006)	Nelore	MI	16	283 - 438	
		Nelore	MI	15	228 - 335
		Nelore	MI	13	118 - 314
Machado (2009)	Nelore	MI	21	235 - 387	
Moraes (2006)	Nelore	MI	35	145 - 436	
Paixão (2008)	Nelore	MI			
Porto (2009)	Nelore	MI			

¹PCVZ é a amplitude do peso de corpo vazio, ²MC = machos castrados, MI=Machos inteiros

Todos os experimentos tiveram o mesmo procedimento de abate, sendo precedido de 18h de jejum de sólidos e abate por insensibilização seguida de sangramento pela veia jugular. Posteriormente o trato gastrointestinal foi lavado e pesado juntamente com todas as outras partes do corpo para compor o peso de corpo vazio (PCVZ). A gordura visceral foi computada como a gordura interna somada à gordura de mesentério. As carcaças foram então levadas para uma câmara de resfriamento (1-4°C) por 18h e dissecadas completamente em carne, gordura e ossos. Cabeça e membros foram amostrados (pelo menos um de cada por tratamento) e também dissecados em tecido mole, ossos e couro. Foram retiradas amostras de todas as partes (órgãos + vísceras, couro, sangue, tecido mole da cabeça e membros, ossos da cabeça e dos membros, carne+gordura e ossos da carcaça), que foram pré-desengorduradas e posteriormente moídas em moinho de bola. Nestas amostras processadas foram feitas análises de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e cinzas, sendo a água obtida por diferença. Também foram realizadas análises dos macrominerais cálcio, fósforo, sódio, potássio e magnésio (Tabelas 2 a 4). Não foram obtidos dados de macrominerais de Paulino (2006) e Machado (2009), pois os mesmos não realizaram essas análises em seu trabalho.

Foram construídos modelos para estimar a porcentagem de EE, PB, água, cinzas, sódio, potássio, fósforo, cálcio e magnésio do couro (COU_{EE} , COU_{PB} , COU_A , COU_C , COU_{Na} , COU_K , COU_P , COU_{Ca} e COU_{Mg} , respectivamente), sangue ($SANG_{EE}$, $SANG_{PB}$, $SANG_A$, $SANG_C$, $SANG_{Na}$, $SANG_K$, $SANG_P$, $SANG_{Ca}$ e $SANG_{Mg}$, respectivamente), cabeça (CAB_{EE} , CAB_{PB} , CAB_A , CAB_C , CAB_{Na} , CAB_K , CAB_P , CAB_{Ca} e CAB_{Mg} , respectivamente), membros (PES_{EE} , PES_{PB} , PES_A , PES_C ,

PES_{Na}, PES_K, PES_P, PES_{Ca} e PES_{Mg}, respectivamente) e órgãos e vísceras (OV_{EE}, OV_{PB}, OV_A, OV_C, OV_{Na}, OV_K, OV_P, OV_{Ca}, OV_{Mg}, respectivamente).

As análises de regressão foram realizadas inicialmente utilizando o procedimento stepwise (SAS, 2008), em que as variáveis PCVZ, porcentagem de órgão e vísceras no PCVZ (POV), porcentagem de gordura visceral no PCVZ (GV), peso de carcaça fria (P_{CARC}), e rendimento de carcaça fria em relação ao PCVZ (RC), foram sugeridas no modelo estimar as composições acima descritas, sendo selecionadas aquelas que atingissem um grau de significância de pelo menos 5%.

Tabela 2. Descrição dos dados utilizados para desenvolver as equações de predição da composição química do sangue e couro de bovinos

Composição (%)	N	Média (%)	Desvio padrão	Máximo (%)	Mínimo (%)
Couro					
% no PCVZ	335	10,82	1,052	14,63	7,247
Extrato Etéreo	335	7,610	4,772	25,801	0,303
Proteína Bruta	335	27,007	4,897	36,346	13,271
Água	335	64,741	5,251	75,674	49,613
Cinzas	335	0,547	0,171	1,632	0,166
Sódio	273	0,168	0,063	0,273	0,023
Potássio	273	0,108	0,059	0,228	0,039
Fósforo	273	0,042	0,024	0,116	0,013
Cálcio	273	0,037	0,021	0,100	0,011
Magnésio	273	0,008	0,003	0,016	0,002
Sangue					
% no PCVZ	335	3,752	0,529	5,593	2,486
Extrato Etéreo	335	0,144	0,129	0,897	0,001
Proteína Bruta	335	18,930	2,228	23,782	12,500
Água	335	79,886	2,056	85,250	74,973
Cinzas	335	0,817	0,354	2,121	0,366
Sódio	273	0,276	0,116	0,616	0,136
Potássio	273	0,044	0,020	0,101	0,019
Fósforo	273	0,019	0,005	0,037	0,009
Cálcio	273	0,024	0,015	0,078	0,003
Magnésio	273	0,004	0,002	0,008	0,001

Tabela 3: Descrição dos dados utilizados para desenvolver as equações de predição da composição química da cabeça e dos membros de bovinos

Composição (%)	N	Média (%)	Desvio padrão	Máximo (%)	Mínimo (%)
Cabeça					
% no PCVZ	144	3,925	0,615	5,739	2,769
Extrato Etéreo	144	9,915	2,892	16,274	4,001
Proteína Bruta	144	18,618	1,296	21,885	15,791
Água	144	58,827	3,705	68,599	50,795
Cinzas	144	12,459	1,843	20,486	8,551
Sódio	126	0,225	0,077	0,331	0,059
Potássio	126	0,115	0,025	0,161	0,034
Fósforo	126	1,918	0,720	3,988	0,055
Cálcio	126	4,440	1,342	6,935	0,037
Magnésio	126	0,081	0,024	0,125	0,003
Membros					
% no PCVZ	144	1,441	0,717	4,844	0,595
Extrato Etéreo	144	11,844	2,612	21,009	6,379
Proteína Bruta	144	24,380	2,895	31,382	16,632
Água	144	44,125	3,968	55,303	33,050
Cinzas	144	19,242	2,919	26,321	12,523
Sódio	126	0,287	0,078	0,455	0,122
Potássio	126	0,067	0,016	0,113	0,038
Fósforo	126	3,132	0,899	6,763	1,589
Cálcio	126	7,390	1,454	11,122	3,951
Magnésio	126	0,100	0,039	0,199	0,012

Tabela 4: Descrição dos dados utilizados para desenvolver as equações de predição da composição química dos órgãos e vísceras de bovinos

Composição (%)	N	Média (%)	Desvio padrão	Máximo (%)	Mínimo (%)
% no PCVZ	334	15,19	1,58	21,76	11,75
Extrato Etéreo	335	33,24	15,16	80,71	4,30
Proteína Bruta	335	10,91	2,74	27,38	5,12
Água	335	55,05	14,12	82,17	11,66
Cinzas	335	0,84	0,25	2,13	0,25
Cálcio	273	0,084	0,053	0,273	0,013
Fósforo	273	0,108	0,048	0,355	0,004
Magnésio	273	0,022	0,042	0,264	0,004
Sódio	273	0,102	0,046	0,425	0,034
Potássio	273	0,149	0,050	0,373	0,024

Posteriormente, um modelo de coeficientes aleatórios foi utilizado para identificar efeitos fixos e aleatórios por meio do PROC MIXED (SAS, 2008).

Outliers foram identificados e excluídos do banco de dados quando o resíduo de student foi maior que $| 2,0 |$. Foram retirados do modelo os efeitos fixos ou variáveis que não atingissem o nível de significância de 5%, também sendo retidos os efeitos aleatórios que não atingiram pelo menos 20% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A GV e o RC foram definidos como variáveis indispensáveis para determinação da CAB_{EE} . O modelo de regressão teve a variável sexo influenciando o RC ($P < 0,001$), entretanto não foi verificada diferença entre machos castrados e fêmeas ($P = 0,724$). Não foi verificada influência de GG sobre nenhum dos parâmetros de regressão ($P > 0,05$), assim como não foi verificada influência do sexo sobre o intercepto ($P = 0,146$) e sobre a GV ($P = 0,239$). Observou-se efeito de estudo para GV ($P = 0,089$) e para RC ($P = 0,081$).

A equação que estima a CAB_{EE} é:

$$\text{Machos castrados e Fêmeas} \quad CAB_{EE} (\%) = - 6,19 + 0,80 \times GV + 0,22 \times RC$$

$$\text{Machos Inteiros} \quad CAB_{EE} (\%) = - 6,19 + 0,80 \times GV + 0,19 \times RC$$

Foram verificados cinco *outliers* e as estruturas de covariância que apresentaram melhor ajuste foram a UN e ARH(1), com um AIC de 518,5, um r^2 de apenas 59,1% e uma raiz do quadrado médio do erro (RQME) de 1,92%. Contudo, considerando que a variabilidade de CAB_{EE} é grande ($CV = 20\%$), é difícil obter um modelo mais preciso, mesmo com uma grande quantidade de dados como os do presente trabalho.

Ambos GV e RC são aumentados quando o animal atinge a maturidade, de modo que a inclusão dessas variáveis no modelo pode estar indicando um processo de maturidade do animal, com conseqüente aumento na taxa de deposição de EE.

A GV e PCARC foram as variáveis determinada pelo stepwise para estimar a CAB_{PB} . Não foi evidenciado efeito de GG ou sexo sobre nenhum dos parâmetros da regressão ($P > 0,05$). A variável aleatória teve efeito apenas sobre o intercepto ($P = 0,039$). Dessa forma foi obtida uma equação geral para CAB_{PB} . O PCVZ foi a única variável significativa ($P < 0,05$) sobre a CAB_{PB} .

$$CAB_{PB} (\%) = 18,62 - 0,22 \times GV + 0,0058 \times P_{CARC}$$

Foram identificados cinco *outliers* no banco de dados para CAB_{PB} e as estruturas de covariâncias VC e UN tiveram comportamento semelhante, com um AIC de 386,6. A regressão teve um r^2 de 13,2% e uma RQME de 1,25%, no entanto, como a CAB_{PB} é praticamente constante, um r^2 mais baixo era esperado, mesmo com uma baixa variação nos dados ($CV = 6,67\%$). Além disso pode-se considerar que a inclusão da GV e P_{CARC} servem como um ajuste fino na equação.

Observa-se pela equação acima que houve uma relação negativa entre GV e CAB_{PB} , provavelmente devido ao efeito de diluição provocado pelo processo de maturidade explicado anteriormente, onde há um aumento de deposição de EE, diluindo os outros componentes presentes na cabeça.

O modelo que descreveu a concentração de água na cabeça (CAB_A) teve GV e RC como variáveis discriminantes. Não foi observado efeito de GG ou sexo sobre os parâmetros da regressão ($P > 0,05$) e foi observado efeito de estudo

apenas para o intercepto ($P = 0,031$), portanto foi obtida uma equação geral para determinar CAB_A .

$$CAB_A (\%) = 89,89 - 0,54 \times GV - 0,47 \times RC$$

Três *outliers* foram identificados no banco de dados e as estruturas VC e UN foram as que obtiveram o melhor valor de AIC (603,4). O r^2 da regressão foi de 25,9 e um RQME de 3,27%, mostrando que a precisão da equação não foi alta, porém teve uma boa acurácia.

Observa-se que a equação de determina CAB_A é reflexo daquela que determina CAB_{EE} , pois sabe-se que há uma substituição de água por extrato etéreo à medida que o animal cresce.

Nenhuma das variáveis estudadas tiveram correlação com a CAB_C de acordo com o stepwise ($P > 0,05$). Também não foram observados efeitos de GG e sexo sobre a média de CAB_C , porém um efeito de estudo foi observado ($P < 0,001$). Dessa forma foi obtido um valor médio de 12,67% de cinzas na cabeça.

A análise de cinzas é das análises que possui maior fonte de erros, pois devido às baixas concentrações observadas nas amostras, há um aumento proporcional do erro se comparado a outros constituintes discutidos acima. Dessa forma houve uma variação considerável nesse componente ($CV = 14,79\%$) e um RQME de 1,84%. Por outro lado, como as concentrações desses constituintes são baixas, erros associados à utilização de uma valor médio têm pouco impacto sobre a estimativa final de cinzas no corpo, uma vez que a maior parte das delas está localizada nos ossos da carcaça.

Nenhuma das proporções de minerais na cabeça foi afetada pela variáveis discriminatórias sugeridas pelo stepwise (Tabela 5). Também não houve efeito de

GG ou sexo para nenhum dos cinco minerais avaliados, porém houve efeito de estudo ($P > 0,20$) em todos eles. Dessa forma, foi sugerido um valor médio de 0,22% para sódio 0,111% para potássio, 1,825% para fósforo, 4,261% para cálcio e de 0,076% para magnésio.

Percebe-se que a concentração de minerais é extremamente variável (Tabela 5), com todos coeficientes de variação acima de 20% (excetuando PES_{Ca}). Essa variação é maior que aquela encontrada para cinzas (15%), portanto, é possível que parte dela seja devido a erros associados às análises desses minerais. Assim como para cinzas, como a concentração desses minerais é baixa na cabeça, a obtenção dessas concentrações estaria, teoricamente, sujeita a maiores erros.

Tabela 5. Equações de predição da composição mineral da cabeça e dos membros de bovinos Nelore

Mineral	Equação	AIC	RQME	CV (%)
Sódio	$CAB_{Na} = 0,220$	- 557,1	0,077	34,01
Potássio	$CAB_{K} = 0,111$	- 726,2	0,025	21,72
Fósforo	$CAB_{P} = 1,825$	72,5	0,720	37,51
Cálcio	$CAB_{Ca} = 4,261$	226,3	1,34	30,23
Magnésio	$CAB_{Mg} = 0,076$	- 697,3	0,024	29,10
Sódio	$PES_{Na} = 0,296$	- 412,0	0,078	27,21
Potássio	$PES_{K} = 0,061$	- 783,4	0,016	24,70
Fósforo	$PES_{P} = 3,297$	218,0	0,899	28,72
Cálcio	$PES_{Ca} = 7,516$	389,4	1,454	19,68
Magnésio	$PES_{Mg} = 0,098$	- 558,7	0,039	38,48

A composição dos membros teve PES_{EE} afetado apenas pela GV. O GG não afetou nem o intercepto ($P = 0,538$), nem a GV ($P = 0,491$), porém o sexo afetou tanto o intercepto ($P < 0,001$), como a GV ($P < 0,001$). Machos castrados e fêmeas não diferiram entre si ($P = 0,150$), mas ambos foram diferentes de mais

inteiros ($P < 0,001$), dessa forma foi obtida uma equação para esses sexos e outra para machos inteiros.

Machos castrados e Fêmeas $PES_{EE} = 10,65 + 0,35 \times GV$

Machos inteiros $PES_{EE} = 5,51 + 1,65 \times GV$

Foram encontrados apenas três *outliers* e as estruturas de covariâncias VC e UN foram as que tiveram melhor ajuste, com um AIC de 509,0. O modelo teve um r^2 de 47,0% e um RQME de 1,78%, mostrando um bom ajuste e acurácia.

O peso de carcaça afetou a PES_{PB} , porém não houve efeito de GG ou sexo no intercepto (valores P de 0,118 e 0,797, respectivamente) e no P_{CARC} (valores P de 0,237 e 0,851, respectivamente). Também foi verificado um efeito de estudo no intercepto ($P = 0,025$). Dessa forma foi obtida a equação geral para determinar PES_{PB} :

$$PES_{PB} = 23,29 + 0,008 \times P_{CARC}$$

Seis *outliers* foram identificados e uma vez mais VC e UN foram as estruturas de covariância que tiveram o melhor ajuste (AIC = 587,9). O r^2 da regressão foi de apenas 8,5%, contudo, percebe-se pela Figura 1 e pelo baixo RQME (2,78) que a equação teve um bom ajuste, mas o baixo valor do coeficiente de P_{CARC} levou ao baixo r^2 , indicando que a PES_{PB} é quase constante, sendo corrigida por um ajuste fino feito pelo P_{CARC} . Caso não se justifique a utilização do ajuste apresentado acima, sugere-se utilizar um valor médio de PES_{PB} de 24,81%.

A inclusão do P_{CARC} no modelo também se torna necessária porque, possivelmente, animais mais pesado necessitam de uma estrutura em termos de

tendões e ossos mais forte, para sustentar o maior P_{CARC} , embora nenhum resultado foi encontrado na literatura para dar suporte à essa hipótese.

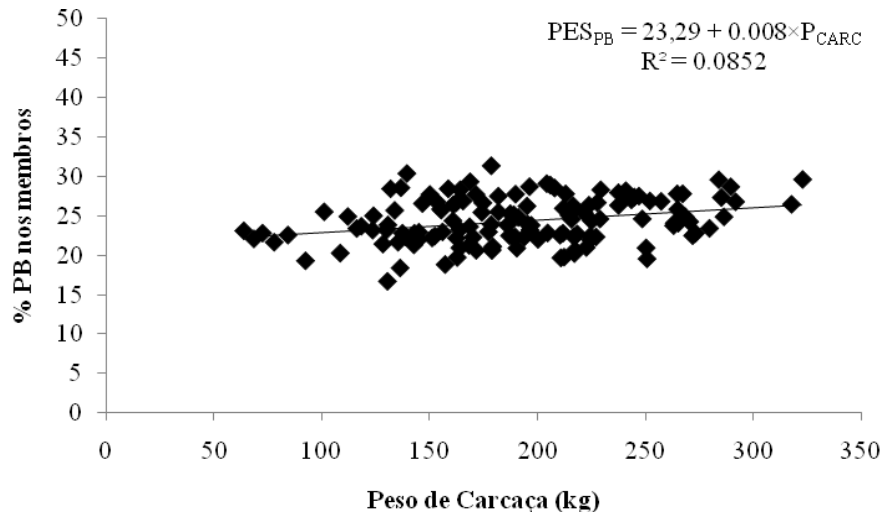


Figura 1: Relação entre a proteína bruta dos membros (%) e o peso da carcaça de bovinos

Assim como obtido para CAB_A , a PES_A foi afetada tanto pelo RC como pela GV. Também não houve efeito de GG ou sexo em nenhum dos coeficientes ($P > 0,05$), mas houve efeito de estudo sobre o intercepto da regressão ($P = 0,034$). A equação obtida foi:

$$PES_A = 74,62 - 0,87 \times GV - 0,43 \times RC$$

Oito dados foram retirados como *outliers* e o AIC do modelo foi 595,6 (VC e UN). A equação teve um r^2 de 34,7% e um RQME de 3,29. Apesar dos oito dados discrepantes, entende-se que a equação teve um bom ajuste e possui boa acurácia, o que também pode ser confirmado pelo baixo CV (7,49%).

As variáveis discriminantes do modelo sugerem mais uma vez uma substituição da água pelo extrato etéreo quando o animal cresce, pois maiores valores de GV e de RC são obtidos com animais maiores.

Assim como ocorrido para a composição da cabeça, nenhuma das variáveis sugeridas apresentaram alguma correlação significativa com a PES_C ($P > 0,05$), assim como não houve efeito de GG ou sexo sobre a composição. Por outro lado a PES_C foi afetada pelo efeito de estudo ($P = 0,307$), sendo estimado um valor médio de 18,88%, com um RQME de 2,92 e um AIC de 646,5. Essa variável também teve uma considerável variação ($CV = 15,17\%$), provavelmente proporcionada por problema de obtenção da mesma, já discutidos acima.

Para a composição de minerais nos membros, observou-se um comportamento bastante semelhante àquele encontrado para a cabeça. Não houve efeito de nenhuma das variáveis estudadas para estimar esses componentes ($P > 0,05$), além de não ter sido observado efeito de GG e sexo para nenhum mineral ($P > 0,05$). Houve efeito de estudo em todos os minerais ($P > 0,05$), mais uma vez evidenciando a grande variabilidade dessas análises. Dessa forma percebe-se que existe ainda uma grande necessidade de se desenvolver um método fácil e padronizado, para que se torne possível a determinação de macrominerais com resultados mais precisos que os apresentados neste trabalho.

Os membros apresentaram uma composição média de 0,296% de sódio, 0,061% de potássio, 3,297% de fósforo, 7,516% de cálcio e 0,098% de Mg. Acredita-se que o uso de valores médios para membros e cabeça seja satisfatório para auxiliar na estimativa da composição corporal de bovinos, uma vez que esses representam uma porção pequena do corpo do animal (entre 3,8 e 8,4%).

A composição do couro teve P_{CARC} e $PCVZ_{COU}$ como fatores determinantes do COU_{EE} . Não foi verificado efeito de sexo ou GG em nenhum dos coeficientes

da equação ($P < 0,05$), mas foi evidenciado efeito de estudo para o intercepto e para P_{CARC} . Dessa forma uma equação conjunta foi obtida:

$$COU_{EE} = - 6,76 + 0,035 \times P_{CARC} + 0,675 \times PCVZ_{COU}$$

Dos 335 dados, 19 foram identificados como *outliers*, tendo o modelo um AIC de 1735,3, um r^2 de 26,4% e um RQME de 4,10. Percebe-se pela equação que quanto maior for o animal, mais maduro, maior será a concentração de EE. Esse fato pode também estar associado à problemas na esfolia do animal, pois quando o mesmo está mais pesado, e/ou mais gordo, existe uma grande possibilidade de parte da gordura pertencente à carcaça ficar presa ao couro durante o procedimento. No entanto, esse tipo de erro é difícil de ser mensurado.

Considerando um animal de cerca de 17 kg (o mesmo peso do animal mais leve utilizado neste trabalho), ele teria cerca de 10,6 % do PCVZ em couro e cerca de 8,7 kg de carcaça, o que produziria um couro com cerca de 0,7% de EE, valor este que parece bastante coerente, já que um animal recém nascido praticamente não possui gordura em seu corpo além do tecido adiposo marrom.

Para proteína, a GV foi a variável que apresentou uma influencia moderada na COU_{PB} ($P = 0,089$). Devido ao fator de diluição com os problemas da desfolia do couro, a variável foi mantida no modelo para contribuir com o ajuste da equação. Não foi evidenciado efeito de GG ou sexo sobre a COU_{PB} , entretanto houve efeito de estudo no intercepto ($P = 0,027$) e no coeficiente da GV ($P = 0,070$).

$$COU_{PB} = 27,90 - 0,37 \times GV$$

Doze dados foram descartados como *outliers* e a equação teve um r^2 de 5,4%, entretanto esse baixo valor de r^2 está associado à baixa inclinação da reta

(Figura 2) e não ao ruim ajuste do modelo. O AIC da equação foi de 1317,1 e o RQME foi de 4,83. Não considerando a GV no modelo, o valor médio, levando em conta apenas o efeito aleatório de estudo no modelo, seria de 26,90% de PB no couro.

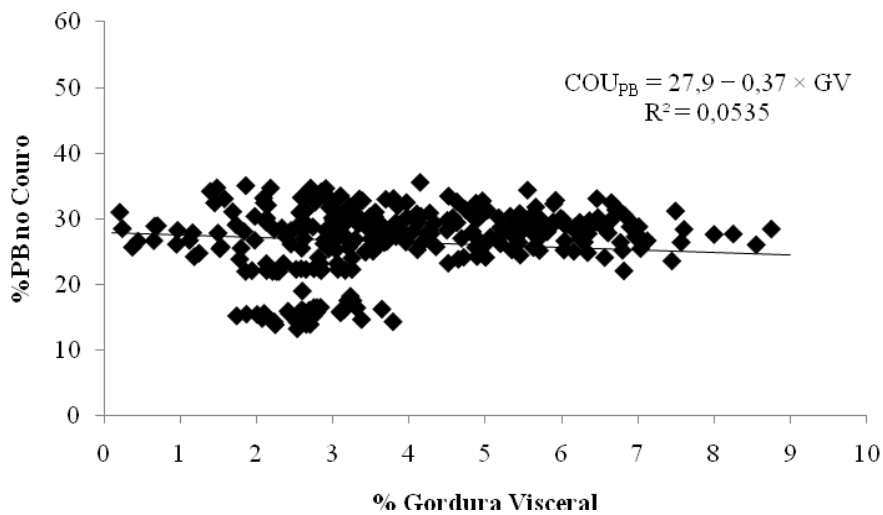


Figura 2. Relação entre a proteína bruta (PB) no couro (%) e a gordura visceral de bovinos (%).

A água presente no couro teve uma relação negativa com a GV, o que pode ser associado, novamente, com a relação direta entre gordura na carcaça e GV, enquanto que ao observar a relação com a OV, já se tem uma relação positiva. A explicação para este fato não parece estar muito clara, embora possa estar ligada à maior proporção de água ou menor proporção de gordura nos OV quando o animal é novo, e consequente diminuição desse teor à medida que o animal cresce, ocorrendo da mesma maneira no couro.

Não houve efeito de GG ou sexo ($P > 0,05$) sobre a COU_A , e houve efeito de estudo apenas no intercepto ($P = 0,055$) e na GV ($P = 0,087$), sendo ajustado, portanto, um modelo conjunto.

$$COU_A = 58,37 - 1,34 \times GV + 0,89 \times OV$$

Foram descartados 15 dados como *outliers*, tendo a equação um r^2 de 27,7%, RQME de 4,51% e AIC de 1553,6, mostrando um bom ajuste do modelo.

Nenhuma variável foi altamente relacionada com a COU_C , também não havendo efeito de GG ou sexo sobre a média estimada ($P > 0,05$), entretanto esta foi afetada pelo efeito aleatório ($P = 0,019$). A estimativa das COU_C foi de 0,63%, tendo este modelo um AIC de - 450,9 e um RQME de 0,17. A alta variação observada novamente para as cinzas ($CV = 31,29\%$) pode ser um dos motivos das fracas correlações encontradas para esta variável, além do baixo valor médio de cinzas apresentado pelo couro, o que dificulta as análises e aumenta o erro proporcional.

A concentração de macrominerais no couro apresentou problemas (Tabela 6), principalmente devido à alta variação observada (CV entre 36,26 e 57,53%). Contudo, acredita-se que esse fato tenha ocorrido principalmente devido às baixas proporções comumente encontradas destes minerais no couro. Outro fator contribuinte é o já citado problema com as determinações desses macrominerais em laboratório, onde o erro proporcional à quantidade encontrada no tecido é grande.

Entretanto, mesmo tendo o conhecimento dos altos erros associados a essas variáveis, a utilização dos valores apresentados na Tabela 6 é altamente recomendada, pois os minerais presentes no couro representam muito pouco do

total encontrado no corpo, já que eles estão concentrados principalmente nos ossos. Portanto, os valores citados podem produzir uma boa estimativa, de custo consideravelmente mais baixo que os métodos tradicionais (obtenção por análises laboratoriais) e sem comprometer a estimativa final da concentração dos mesmos no corpo vazio.

Tabela 6. Equações de predição da composição mineral do couro e do sangue de bovinos Nelore

Mineral	Equação	AIC	RQME	R ²	CV (%)
Sódio	$COU_{Na} = 0,161 + 0,00004 \times PCVZ$	- 1327,2	0,061	0,057	36,26
Potássio	$COU_K = 0,100$	- 1499,5	0,059	-	54,62
Fósforo	$COU_P = 0,042$	- 1796,2	0,024	-	57,53
Cálcio	$COU_{Ca} = 0,034$	- 1839,9	0,021	-	55,93
Magnésio	$COU_{Mg} = 0,013 - 0,00008 \times RC$	- 2655,8	0,003	0,100	36,84
Sódio	$SANG_{Na} = 0,286$	- 1069,6	0,116	-	41,98
Potássio	$SANG_K = 0,045$	- 1766,1	0,020	-	46,11
Fósforo	$SANG_P = 0,019$	- 2233,9	0,005	-	26,21
Cálcio	$SANG_{Ca} = 0,019$	- 2023,2	0,015	-	62,66
Magnésio	$SANG_{Mg} = 0,004$	- 3014,9	0,002	-	35,11

O sangue apresentou uma concentração de EE estável, não sendo afetada por nenhuma das variáveis sugeridas pelo stepwise. Também não foi evidenciado efeito de GG ou sexo sobre a $SANG_{EE}$ ($P > 0,05$), contudo houve efeito de estudo sobre a variável ($P = 0,018$), o que também pode indicar problemas na obtenção de EE das amostras.

O valor médio de $SANG_{EE}$ obtido pelo modelo foi de 0,18%, com um AIC de - 831,2 e um RQME de 0,13. O maior problema observado para esta variável foi o alto CV de 89,54%, provavelmente ocasionado pela sua baixa concentração. No entanto, se for considerado um animal de 320 kg de PCVZ, com 11,5% de EE (36,8 kg), ele teria cerca de 3,75% de sangue (12 kg). Este sangue, de acordo

com a média obtida nesse trabalho, representaria um montante de 21,6 g de EE, ou seja, 0,06% do EE encontrado no corpo, não justificando, dessa forma, os gastos necessários para uma determinação mais precisa do $SANG_{EE}$.

O procedimento stepwise determinou a inclusão da GV como uma variável discriminante de $SANG_{PB}$. Não foi encontrada na literatura nenhuma informação que justifique essa relação positiva, contudo, o r^2 de 35,37% e o CV de 9,49% indicam um razoável ajuste, portanto mais estudos são necessários para que as respostas aqui apresentadas sejam melhor entendidas. Não houve efeito de GG ou sexo sobre a $SANG_{PB}$ ($P > 0,05$), porém houve efeito de estudo sobre o intercepto da regressão ($P = 0,025$), sendo a mesma apresentada abaixo.

$$SANG_{PB} = 16,47 + 0,59 \times GV$$

Foram verificados 14 dados como *outliers*, tendo o modelo um AIC de 969,5 e um RQME de 1,80. O bom ajuste da equação apresentada também indica a não necessidade de obtenção desse componente por métodos laboratoriais, mesmo ele tendo uma concentração consideravelmente maior que a apresentada para $SANG_{EE}$.

As análises de $SANG_A$ mostraram que ela foi afetada pela GV, sendo esta correlação negativa. Nenhum dos dois coeficientes foi afetado por GG ou gênero ($P > 0,05$), entretanto tanto o intercepto ($P = 0,043$), como a GV ($P = 0,144$) foram afetados pelo efeito de estudo, sendo a equação final definida por:

$$SANG_A = 82,08 - 0,54 \times GV$$

Quinze dados foram excluídos como *outliers*, tendo o modelo um AIC de 965,5, um r^2 de 32,4% e um RQME de 1,70. O modelo teve um ajuste bastante satisfatório, principalmente considerando que houve uma pequena variação nos

dados (CV = 2,12%). A inclusão da GV parece ter contribuído novamente para a melhoria no ajuste da regressão embora a explicação fato o fato não seja evidente. É possível que o maior nível metabólico (proporcionado por uma maior concentração de energia na dieta, refletida pela GV) proporcione um aumento nos teores de hormônios à base de proteína, como a insulina por exemplo, elevando o níveis de PB e, conseqüentemente, aumentando a densidade do sangue.

Nenhuma das variáveis estudadas tiveram efeito sobre a SANG_C, mostrando que esta possui uma concentração constante. Esse resultado é coerente, uma vez que devido ao equilíbrio eletrolítico do corpo, há mecanismos para que se mantenha estável a quantidade de minerais circulantes.

Também não houve efeito de sexo ou GG sobre a SANG_C ($P > 0,05$), embora tenha sido observado efeito de estudo ($P < 0,023$). Este provavelmente, está mais associado a problemas nos métodos laboratoriais de obtenção de cinzas.

O valor médio obtido pelo modelo foi de 0,829% de cinzas no sangue, com um AIC de - 416,9, RMQE de 0,35. Foi excluído um experimento destas análises (Moraes, 2006), pois todos dados tiveram o resíduo de student superior a |2,0|, porém não foi indentificado nenhum outro *outlier*.

As análises de macrominerais mostraram comportamento semelhante àqueles observados para membros e cabeça, tendo concentração constante no sangue (Tabela 6). Novamente não houve efeito de GG ou sexo sobre as composições estudadas ($P > 0,05$), contudo houve efeito de estudo em todos eles ($P < 0,20$). As médias obtidas pelos modelos foram de 0,286% de sódio, 0,045%

de potássio, 0,019% de fósforo, 0,019% de cálcio e 0,004% de magnésio no sangue.

Também foi observada uma variação considerável nos dados, principalmente para o cálcio (CV = 62,66%), o que pode ter contribuído para os resultados encontrados. No entanto, acredita-se que essa variação não afeta a estimativa final da composição de macrominerais no corpo, pois apenas uma pequena quantidade do mesmo está localizada no sangue. Assim como observado para cinzas, uma concentração constante de macrominerais no sangue é coerente, uma vez que contribui para o equilíbrio quimiostático do corpo.

De forma geral, os elementos analisados até o momento têm uma influência pouco relevante para a determinação final da composição corporal, pois representam entre 17 e 25% do PCVZ no corpo e possuem pouca variação em sua composição. O resto do montante é representado pelos OV e carcaça, que possuem uma composição muito mais maleável, sendo afetada pela dieta, GG, e/ou sexo.

O teor de EE pode ser estimado pela GV (Tabela 7), condizendo com o fato de que a maioria do EE depositado nos órgãos e vísceras está presente na GV. O maior valor para o coeficiente de inclinação observado para a equação de predição do EE nos órgãos e vísceras de machos castrados e fêmeas em relação ao da equação para machos inteiros parece ser resultado da maior deposição de EE junto aos órgãos e vísceras, em machos castrados e fêmeas em relação aos inteiros, o que é biologicamente lógico. Este fato ocorre porque fêmeas e machos castrados depositam mais gordura do que machos inteiros (NRC, 2000), o que

pode refletir em aumento dos depósitos de gordura nos órgãos e vísceras, como também em locais que não estão incluídos na GV.

Tabela 7 - Equações de predição da composição mineral do couro e do sangue de bovinos Nelore

Item	Sexo ⁽¹⁾	Equação ⁽²⁾	r ²	RQME ⁽³⁾
EE	MI	$OV_{EE} = 9,37 + 5,00 \times GV$	0,58	10,06
	MC e FE	$OV_{EE} = 9,37 + 6,50 \times GV$		
PB	MI	$OV_{PB} = 12,015$	-	2,26
	MC	$OV_{PB} = 10,656$		
	FE	$OV_{PB} = 9,858$		
Água		$OV_A = 77,217 - 5,212 \times GV$	0,62	7,48
Cinzas		$OV_{CZ} = 2,693 - 0,039 \times OV_{PCVZ} - 0,022 \times RC$	0,13	0,25
Ca		$OV_{Ca} = 0,079$	-	0,05
P		$OV_P = 0,108$	-	0,05
Mg		$OV_{Mg} = 0,017$	-	0,03
Na	Nelore	$OV_{Na} = 0,134 - 0,0020 \times OV_{PCVZ}$	0,03	0,04
	Cruzado	$OV_{Na} = 0,134 - 0,0026 \times OV_{PCVZ}$		
K		$OV_K = 0,148$	-	0,05

¹MI = machos inteiros, FE = fêmeas e MC = machos castrados; ²OV_{EE} = extrato etéreo nos órgãos e vísceras (%), GV = gordura visceral (% do PCVZ), OV_{PB} = proteína bruta nos órgãos e vísceras (%), OV_A = água nos órgãos e vísceras (%), OV_{CZ} = cinzas nos órgãos e vísceras (%), OV_{PCVZ} = proporção dos órgãos e vísceras em relação ao PCVZ (%), RC = rendimento de carcaça (%), OV_{Ca} = cálcio nos órgãos e vísceras (%), OV_P = fósforo nos órgãos e vísceras (%), P_{carc} = peso da carcaça (kg), OV_{Mg} = magnésio nos órgãos e vísceras (%), OV_{Na} = sódio nos órgãos e vísceras (%) e OV_K = potássio nos órgãos e vísceras (%); ³RQME = raiz do quadrado médio do erro.

Não foram observados efeitos de nenhuma das variáveis testadas para o teor de PB dos órgãos e vísceras ($P > 0,05$), levando à utilização de valores médios. Observou-se efeito de sexo para o valor médio de PB nos órgãos e vísceras, com maior valor para machos inteiros, seguido por machos castrados e fêmeas. Estes valores são reflexo da observação de maior deposição de gordura em fêmeas e machos castrados, quando comparados a machos inteiros (NRC, 2000). Este aumento da deposição de gordura leva a uma diminuição da proporção de proteína nos órgãos e vísceras. Cabe ressaltar, porém, que a utilização de valores médios para PB nos órgãos e vísceras deve ser feita com cautela, uma vez que os órgãos e vísceras representam cerca de 15% do PCVZ,

e há grande variabilidade nos teores de PB neste componente corporal (Tabela 4). Portanto, sempre que possível, o mais indicado seria moer de forma conjunta os órgãos e vísceras, para determinação direta de sua composição química.

A equação para estimativa da água presente nos órgãos e vísceras seguiu a tendência inversa da equação do EE, com diminuição da proporção de água, quando aumenta a GV.

Exceto para o sódio, não foi observado efeito de nenhuma variável sobre a composição mineral dos órgãos e vísceras, mostrando que sua proporção normalmente se mantém constante, apesar da variabilidade observada no banco de dados utilizado (Tabela 7). O efeito observado para o sódio apresentou um baixo valor de r^2 , e um baixo coeficiente de regressão (0,0020 e 0,0026) para animais Nelore e cruzados, respectivamente.

A GV teve um papel fundamental em diversas equações, indicando um determinado *status* metabólico ou concentração de gordura no corpo. Marcondes et al. (2010), já havia detectado esse importante papel dessa variável na determinação da composição da carcaça ou corpo vazio.

CONCLUSÕES

A estimativa da composição de membros, cabeça, couro e sangue, é possível e recomendada, uma vez que não representam uma grande porção do PCVZ, afetando minimamente a composição final do PCVZ. A utilização das equações de predição da composição de órgãos e vísceras é recomendada apenas quando não há possibilidade de análises químicas dos mesmos, uma vez

que esse componente possui grande variabilidade e é altamente afetado pela dieta oferecida. Os modelos apresentados apresentaram um ajuste razoável, provocado pela alta variação dos dados analisados.

LITERATURA CITADA

- CHIZZOTTI, M. L., **Exigências nutricionais de animais Nelore, puros e cruzados, de diferentes classes**. 2007. 101p. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.
- CLARK, J. L.; HEDRICK, H. B.; THOMPSON, G. B. Determination of body composition of steers by ⁴⁰K. **Journal Animal Science**, v.42, n.2, p.352-356, 1976.
- CROUSE, J. D.; DIKEMAN, M. E. Methods of estimating beef carcass chemical composition **Journal Animal Science**, v.38, n.6, p.1190-1196, 1974.
- GIONBELLI, M. P., **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de fêmeas Nelore em crescimento**. 2010 (no prelo). 101 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010 (no prelo).
- HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts**. USDA, 1946. p.1-20 (Technical Bulletin).
- HOPPER, T. H. Methods of estimating the physical and chemical composition of cattle. **Journal of Agriculture Research**, v.68, p.239-268, 1944.
- KLEIBER, M. Body size and metabolism. **Hilgardia**, v.6, n.11, p.315 - 353, 1932.
- KRAYBILL, H. F.; BITTER, H. L.; HANKINS, O. G. Body composition of cattle. II. Determination of fat and water content from measurement of body specific gravity. **Journal of Applied Physiology**, v.4, n.7, p.575-583, 1952.
- MACHADO, P. A. S., **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria decumbens*, suplementados no período de transição águas-seca**. 2009. 73p. Tese (Doutor em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- MARCONDES, M. I., **Desempenho de bovinos Nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação protéica de alimentos para ruminantes**. 2007. 136p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.
- MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; VALADARES FILHO, S. C., et al. Prediction of Nelore empty body composition using indirect measurements. In: SAUVANT, D.(Ed). **Proceedings of Modeling nutrient digestion and utilization in farm animals**. 1.ed. Paris, FR: EAAP Publisher, 2010 (no prelo).

- MORAES, E. H. B. K., **Desempenho e exigência de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação**. 2006. 136p. Tese (Doutor em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.
- NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. updated 7th. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2000. (Nutrient requirements of domestic animals).
- PAIXÃO, M. L., **Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de *Brachiaria decumbens*, com suplementação protéica**. 2008. 110p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2008.
- PANARETTO, B. A.; TILL, A. R. Body composition *in vivo*. II. The composition of mature goats and its relationship to the antipyrine, tritiated water, and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14, n.6, p.926-943, 1963.
- PAULINO, P. V. R., **Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais**. 2006. 167p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2006.
- PORTO, M. O., **Suplementos múltiplos para bovinos de corte nas fases de cria, recria e terminação em pastagens de *Brachiaria decumbens***. 2009. 140p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- POWELL, W. E.; HUFFMAN, D. L. Predicting chemical composition of beef carcasses from easily obtainable carcass variables. **Journal Animal Science**, v.36, n.6, p.1069-1076, 1973.
- SAS INSTITUTE INC. **Base SAS(r) 9.2 Procedures Guide**. Cary, NC:SAS Institute Inc., 2008. 1598p.
- VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE**. 1.ed. Viçosa, MG:Suprema Grafica Ltda, 2006. 142p.

CONCLUSÕES GERAIS

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o consumo, desempenho, eficiência alimentar e características de carcaça de bovinos de três diferentes grupos genéticos e recebendo alto ou baixo nível de concentrado; determinar as exigências nutricionais de proteína e energia de zebuínos puros e cruzados; estabelecer um padrão de crescimento de bovinos Nelore e estimar sua maturidade; validar a predição da composição corporal a partir da composição química da seção entre a 9 e 11^a costelas para zebuínos puros e cruzados e propor novos modelos para estimar a composição de partes carcaça e não-carcaça. O trabalho foi conduzido a partir de duas etapas, sendo a primeira realizada na Universidade Federal de Viçosa e a segunda na Texas A&M University. Após a conclusão deste trabalho pode-se concluir que:

Animais consumindo 2% do peso corporal em oferta de concentrado têm um maior consumo em relação àqueles recebendo 1%, tendo também um maior desempenho de corpo vazio e carcaça, porém não há diferenças de eficiência entre os dois níveis de concentrado. Animais F₁ Nelore-Simental são mais eficientes em ganhar peso que animais F₁ Nelore-Angus, quando abatidos com pesos semelhantes. Animais cruzados *Bos taurus/Bos indicus* são mais eficientes que animais zebuínos puros.

O requerimento de energia líquida para manutenção de animais Nelore, Nelore-Angus ou Nelore-Simental é de 75,8 kcal/PCVZ^{0,75} e o requerimento de energia metabolizável é de 112,82 kcal/PCVZ^{0,75} e as eficiências de deposição da energia na forma de proteína e gordura são de 26,71 e 75,43%, respectivamente.

Não há efeito de grupo genético sobre requerimentos líquidos de proteína para ganho e sugere-se utilizar o modelo $PR = GPCVZ \times \left(238,5 - 16,73 \times \frac{ER}{GPCVZ} \right)$ para estimá-los. Não há efeito de grupo genético sobre as exigências de proteína metabolizável para manutenção, sendo esse valor $3,09 \text{ g/PC}^{0,75}$.

A k_m pode ser predita a partir da k_g e do GPCVZ, sofrendo um efeito de raça. Também se pode concluir que a k_g pode ser predita a partir da ER_P e que esta não é afetada por sexo ou raça.

Animais Nelore atingem a maturidade com 437 kg de PCVZ e que a proteína bruta na MSD do PCVZ e proteína, água e cinzas nos ossos são bons preditores da maturidade, entretanto a composição TM não pode ser utilizar como forma de predizer a maturidade.

A composição do corpo e da carcaça podem ser estimados pela SEC_{9-11} em animais Nelore puros e cruzados. A estimacão da composicão de membros, cabeça, couro e sangue, é possível e recomendada, uma vez que não representam uma grande porçãõ do PCVZ, afetando minimamente a composicão final do PCVZ. A utilizacão das equações de predicão da composicão de órgãõs e vísceras é recomendada apenas quando não há possibilidade de análises químicas do mesmo, uma vez que esse componente possui grande variabilidade e é altamente afetado pela dieta oferecida. Os modelos apresentados apresentaram um ajuste razoável, provocado pela alta variaçãõ dos dados analisados.

APÊNDICE

Tabela 1 – Número do animal, grupo genético (GG), tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção), peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), peso de corpo vazio inicial (PCVZi), peso de corpo vazio final (PCVZf) e dias de confinamento (DC) de bovinos em terminação

Animal	Grupo Genético	Tratamento	PVi kg	PVf kg	PCVZi kg	PCVZf kg	DC
1	Nelore-Simental	1%	387,0	479,0	327,35	443,78	98
2	Nelore-Simental	1%	380,0	504,0	328,71	458,27	91
3	Nelore-Simental	1%	384,5	503,0	331,42	455,54	96
4	Nelore-Simental	2%	392,5	492,0	345,91	466,74	98
5	Nelore-Simental	Mantença	350,0	357,0	333,23	323,69	105
6	Nelore-Simental	1%	379,0	489,0	325,08	453,98	100
7	Nelore-Simental	1%	406,0	514,0	360,85	457,48	89
8	Nelore-Simental	Referência				321,86	
9	Nelore-Simental	2%	408,0	508,0	356,78	477,25	96
10	Nelore-Simental	2%	425,0	548,0	367,19	492,33	89
11	Nelore-Simental	Mantença	367,0	381,0	340,93	342,66	105
12	Nelore-Simental	2%	426,5	520,0	369,91	483,47	91
13	Nelore-Simental	Referência				322,96	
14	Nelore-Simental	1%	400,0	481,0	357,68	449,49	103
15	Nelore-Simental	Mantença	362,0	370,0	334,59	338,28	107
16	Nelore-Simental	2%	374,0	469,5	324,18	441,59	100
17	Nelore-Simental	Mantença	357,0	383,0	330,97	342,56	107
18	Nelore-Simental	Referência				275,96	
19	Nelore-Simental	2%	357,5	461,0	307,88	440,67	103
20	Nelore-Simental	Referência			0,00	285,96	
24	Nelore	Mantença	270,0	278,0	255,15	254,23	105
25	Nelore	2%	269,5	332,0	241,74	307,98	89
26	Nelore	Referência				291,47	
27	Nelore	Referência				301,20	
28	Nelore	2%	301,5	400,0	258,85	393,31	103
29	Nelore	Mantença	286,0	291,5	278,72	272,10	107
30	Nelore	1%	327,0	412,5	287,50	381,83	98
31	Nelore	Mantença	285,0	295,0	274,56	265,85	107
32	Nelore	1%	325,5	407,0	285,65	377,96	96
33	Nelore	Referência				281,19	
34	Nelore	Referência				246,09	
35	Nelore	2%	327,5	441,0	288,43	417,43	98
36	Nelore	1%	351,5	406,0	315,24	363,20	89
37	Nelore	1%	303,0	386,0	266,24	363,42	103
38	Nelore	2%	360,5	450,0	311,08	420,42	96
39	Nelore	1%	300,5	396,0	270,86	370,62	100

40	Nelore	2%	386,5	484,0	342,05	447,80	91
41	Nelore	1%	313,0	351,0	280,11	328,92	91

Tabela 1 – Continuação...

42	Nelore	Mantença	305,0	305,0	304,61	281,75	105
43	Nelore	2%	323,0	416,5	286,12	400,78	100
47	Nelore-Angus	2%	440,5	548,0	369,82	495,56	89
48	Nelore-Angus	Mantença	374,5	377,0	340,86	339,93	107
49	Nelore-Angus	1%	415,0	500,0	340,86	452,91	89
50	Nelore-Angus	1%	415,0	506,0	344,87	459,04	91
51	Nelore-Angus	Mantença	365,0	366,5	320,90	340,34	107
52	Nelore-Angus	2%	385,0	488,0	309,67	465,68	98
53	Nelore-Angus	2%	430,0	548,0	358,23	506,08	91
54	Nelore-Angus	2%	390,5	477,0	319,92	463,85	103
55	Nelore-Angus	Mantença	435,0	453,0	386,30	388,59	105
59	Nelore-Angus	Mantença	361,0	358,0	325,26	322,93	105
60	Nelore-Angus	1%	339,0	445,0	289,62	407,34	103
61	Nelore-Angus	Referência				285,52	
62	Nelore-Angus	Referência				329,78	
63	Nelore-Angus	2%	400,5	479,0	325,26	439,79	96
64	Nelore-Angus	1%	395,5	503,0	322,59	456,83	96
65	Nelore-Angus	Referência				289,93	
66	Nelore-Angus	Referência				285,03	
67	Nelore-Angus	2%	380,0	477,0	311,45	449,08	100
68	Nelore-Angus	1%	375,0	472,0	306,10	440,20	100
69	Nelore-Angus	1%	385,0	481,0	316,80	440,53	98

Tabela 2 – Número do animal, grupo genético (GG), tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção), conteúdo de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (MG), sódio (Na) e potássio (K) no peso de corpo vazio inicial de bovinos em terminação

Animal	Grupo genético	Tratamento	PB kg	EE kg	Ca kg	P kg	Mg kg	Na kg	K kg
1	Nelore-Simental	1%	55,35	39,21	4,48	2,41	0,12	0,50	0,75
2	Nelore-Simental	1%	55,58	39,38	4,50	2,42	0,12	0,51	0,75
3	Nelore-Simental	1%	56,03	39,70	4,54	2,44	0,12	0,51	0,76
4	Nelore-Simental	2%	58,48	41,44	4,73	2,55	0,12	0,53	0,79
5	Nelore-Simental	Mantença	56,34	39,92	4,56	2,46	0,12	0,51	0,76
6	Nelore-Simental	1%	54,96	38,94	4,45	2,40	0,12	0,50	0,75
7	Nelore-Simental	1%	61,01	43,23	4,94	2,66	0,13	0,56	0,83
8	Nelore-Simental	Referência							
9	Nelore-Simental	2%	60,32	42,74	4,88	2,63	0,13	0,55	0,82
10	Nelore-Simental	2%	62,08	43,99	5,03	2,71	0,13	0,57	0,84
11	Nelore-Simental	Mantença	57,64	40,84	4,67	2,51	0,12	0,53	0,78
12	Nelore-Simental	2%	62,54	44,31	5,06	2,73	0,13	0,57	0,85
13	Nelore-Simental	Referência							
14	Nelore-Simental	1%	60,47	42,85	4,90	2,64	0,13	0,55	0,82
15	Nelore-Simental	Mantença	56,57	40,08	4,58	2,47	0,12	0,52	0,77
16	Nelore-Simental	2%	54,81	38,83	4,44	2,39	0,12	0,50	0,74
17	Nelore-Simental	Mantença	55,96	39,65	4,53	2,44	0,12	0,51	0,76
18	Nelore-Simental	Referência							
19	Nelore-Simental	2%	52,05	36,88	4,21	2,27	0,11	0,47	0,71
20	Nelore-Simental	Referência							
24	Nelore	Mantença	45,31	27,65	3,85	2,02	0,09	0,43	0,57
25	Nelore	2%	42,93	26,19	3,65	1,92	0,09	0,41	0,54
26	Nelore	Referência							
27	Nelore	Referência							
28	Nelore	2%	45,96	28,05	3,90	2,05	0,09	0,44	0,58
29	Nelore	Mantença	49,49	30,20	4,20	2,21	0,10	0,47	0,62
30	Nelore	1%	51,05	31,15	4,34	2,28	0,10	0,49	0,64
31	Nelore	Mantença	48,75	29,75	4,14	2,18	0,10	0,47	0,61
32	Nelore	1%	50,72	30,95	4,31	2,27	0,10	0,49	0,63
33	Nelore	Referência							
34	Nelore	Referência							
35	Nelore	2%	51,22	31,25	4,35	2,29	0,11	0,49	0,64
36	Nelore	1%	55,98	34,16	4,75	2,50	0,11	0,54	0,70
37	Nelore	1%	47,28	28,85	4,02	2,11	0,10	0,45	0,59
38	Nelore	2%	55,24	33,71	4,69	2,47	0,11	0,53	0,69
39	Nelore	1%	48,10	29,35	4,09	2,15	0,10	0,46	0,60

40	Nelore	2%	60,74	37,06	5,16	2,71	0,12	0,58	0,76
41	Nelore	1%	49,74	30,35	4,22	2,22	0,10	0,48	0,62

Tabela 2 – Continuação...

42	Nelore	Mantença	54,09	33,00	4,59	2,42	0,11	0,52	0,68
43	Nelore	2%	50,81	31,00	4,32	2,27	0,10	0,49	0,64
47	Nelore-Angus	2%	65,05	34,65	5,38	3,05	0,14	0,58	0,84
48	Nelore-Angus	Mantença	59,95	31,94	4,96	2,81	0,13	0,54	0,77
49	Nelore-Angus	1%	59,95	31,94	4,96	2,81	0,13	0,54	0,77
50	Nelore-Angus	1%	60,66	32,32	5,02	2,84	0,13	0,55	0,78
51	Nelore-Angus	Mantença	56,44	30,07	4,67	2,65	0,12	0,51	0,73
52	Nelore-Angus	2%	54,47	29,02	4,50	2,55	0,12	0,49	0,70
53	Nelore-Angus	2%	63,01	33,57	5,21	2,95	0,13	0,57	0,81
54	Nelore-Angus	2%	56,27	29,98	4,65	2,64	0,12	0,51	0,72
55	Nelore-Angus	Mantença	67,95	36,20	5,62	3,18	0,14	0,61	0,87
59	Nelore-Angus	Mantença	57,21	30,48	4,73	2,68	0,12	0,51	0,74
60	Nelore-Angus	1%	50,94	27,14	4,21	2,39	0,11	0,46	0,66
61	Nelore-Angus	Referência							
62	Nelore-Angus	Referência							
63	Nelore-Angus	2%	57,21	30,48	4,73	2,68	0,12	0,51	0,74
64	Nelore-Angus	1%	56,74	30,23	4,69	2,66	0,12	0,51	0,73
65	Nelore-Angus	Referência							
66	Nelore-Angus	Referência							
67	Nelore-Angus	2%	54,78	29,18	4,53	2,57	0,12	0,49	0,70
68	Nelore-Angus	1%	53,84	28,68	4,45	2,52	0,11	0,48	0,69
69	Nelore-Angus	1%	55,72	29,69	4,61	2,61	0,12	0,50	0,72

Tabela 3 – Número do animal, grupo genético (GG), tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção), conteúdo de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (MG), sódio (Na) e potássio (K) no peso de corpo vazio final de bovinos em terminação

Animal	Grupo genético	Tratamento	PB kg	EE kg	Ca kg	P kg	Mg kg	Na kg	K kg
1	Nelore-Simental	1%	68,90	113,64	4,74	2,63	0,13	0,60	0,86
2	Nelore-Simental	1%	78,12	92,94	5,29	2,99	0,14	0,71	1,02
3	Nelore-Simental	1%	74,98	100,27	6,34	3,17	0,18	0,70	0,98
4	Nelore-Simental	2%	80,07	90,85	5,41	2,64	0,16	0,68	1,04
5	Nelore-Simental	Manutença	57,21	48,65	5,14	2,79	0,14	0,53	0,68
6	Nelore-Simental	1%	77,61	80,92	4,81	2,66	0,14	0,66	0,98
7	Nelore-Simental	1%	77,28	95,27	6,58	3,37	0,18	0,68	0,95
8	Nelore-Simental	Referência	52,35	36,44	3,54	2,01	0,10	0,48	0,72
9	Nelore-Simental	2%	83,36	100,11	5,80	3,17	0,17	0,75	1,20
10	Nelore-Simental	2%	82,92	105,68	5,77	3,39	0,18	0,68	1,02
11	Nelore-Simental	Manutença	59,90	47,83	5,15	2,87	0,15	0,55	0,79
12	Nelore-Simental	2%	85,97	102,36	6,05	3,22	0,18	0,67	1,15
13	Nelore-Simental	Referência	55,04	39,55	3,86	2,11	0,12	0,49	0,72
14	Nelore-Simental	1%	77,03	83,14	5,56	3,10	0,17	0,66	1,04
15	Nelore-Simental	Manutença	57,49	55,52	5,34	2,88	0,14	0,57	0,74
16	Nelore-Simental	2%	76,22	96,23	6,58	3,49	0,22	0,69	1,03
17	Nelore-Simental	Manutença	57,42	50,31	6,02	2,80	0,14	0,54	0,75
18	Nelore-Simental	Referência	46,95	29,26	4,20	2,32	0,11	0,44	0,67
19	Nelore-Simental	2%	76,38	94,20	5,65	3,01	0,15	0,70	0,96
20	Nelore-Simental	Referência	49,49	39,30	4,74	2,39	0,11	0,44	0,65
24	Nelore	Manutença	46,27	33,92	3,38	1,81	0,09	0,40	0,53
25	Nelore	2%	54,09	54,74	4,36	2,28	0,10	0,46	0,72
26	Nelore	Referência	48,66	34,93	3,07	1,54	0,08	0,40	0,66
27	Nelore	Referência	52,43	34,10	4,90	2,60	0,11	0,46	0,66
28	Nelore	2%	60,76	88,81	5,73	2,53	0,12	0,55	0,80
29	Nelore	Manutença	50,35	34,33	4,19	2,23	0,11	0,45	0,66
30	Nelore	1%	65,27	73,94	5,06	2,79	0,13	0,63	0,85
31	Nelore	Manutença	46,57	37,38	4,85	2,31	0,10	0,45	0,55
32	Nelore	1%	62,58	78,03	5,72	3,02	0,14	0,62	0,75
33	Nelore	Referência	52,42	28,05	5,05	2,58	0,11	0,51	0,64
34	Nelore	Referência	45,00	24,76	3,83	2,13	0,10	0,52	0,53
35	Nelore	2%	71,92	86,24	5,20	2,68	0,15	0,75	0,88
36	Nelore	1%	63,84	68,11	7,16	3,53	0,15	0,70	0,75
37	Nelore	1%	60,15	69,81	5,07	2,73	0,12	0,57	0,70
38	Nelore	2%	70,07	88,42	7,00	3,49	0,16	0,82	0,86
39	Nelore	1%	61,67	64,93	5,76	2,56	0,13	0,62	0,80

40	Nelore	2%	72,80	92,91	6,83	3,58	0,17	0,75	0,89
41	Nelore	1%	59,53	60,24	5,36	2,60	0,14	0,57	0,67
42	Nelore	Mantença	50,38	35,73	4,82	2,44	0,12	0,54	0,58
43	Nelore	2%	67,37	76,10	6,49	3,33	0,15	0,75	0,84
47	Nelore-Angus	2%	82,72	90,94	8,70	4,34	0,25	0,93	1,03
48	Nelore-Angus	Mantença	59,35	51,88	5,22	2,58	0,15	0,53	0,73
49	Nelore-Angus	1%	70,99	106,49	6,50	3,41	0,16	0,60	0,89
50	Nelore-Angus	1%	76,53	103,72	6,97	3,29	0,15	0,69	0,99
51	Nelore-Angus	Mantença	58,87	47,50	6,89	3,25	0,17	0,63	0,72
52	Nelore-Angus	2%	76,74	94,97	7,17	3,88	0,17	0,70	0,93
53	Nelore-Angus	2%	87,76	99,72	7,67	3,78	0,19	0,81	1,05
54	Nelore-Angus	2%	73,34	123,91	6,16	3,16	0,15	0,63	0,90
55	Nelore-Angus	Mantença	67,29	54,11	6,60	3,05	0,18	0,83	0,83
59	Nelore-Angus	Mantença	57,85	42,13	5,30	2,89	0,13	0,48	0,72
60	Nelore-Angus	1%	68,56	72,46	5,64	3,13	0,15	0,59	0,83
61	Nelore-Angus	Referência	52,23	23,40	4,96	2,33	0,12	0,54	0,70
62	Nelore-Angus	Referência	55,64	30,94	4,14	2,33	0,11	0,47	0,67
63	Nelore-Angus	2%	79,64	76,27	5,61	2,99	0,15	0,82	0,92
64	Nelore-Angus	1%	72,72	112,77	6,01	2,52	0,15	0,62	0,87
65	Nelore-Angus	Referência	50,77	25,41	4,40	2,73	0,11	0,44	0,65
66	Nelore-Angus	Referência	50,39	31,76	3,73	2,37	0,10	0,42	0,67
67	Nelore-Angus	2%	75,66	97,06	6,32	3,76	0,15	0,67	0,90
68	Nelore-Angus	1%	74,40	87,91	4,95	3,04	0,15	0,63	0,89
69	Nelore-Angus	1%	65,53	93,49	5,50	2,72	0,13	0,61	0,74

Tabela 4 – Número do animal, grupo genético (GG), tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção), consumo de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF), nutrientes digestíveis totais (NDT) e energia metabolizável (EM) de bovinos em terminação

Animal	Grupo genético	Tratamento	MS kg/dia	PB kg/dia	EE kg/dia	FDNcp kg/dia	CNF kg/dia	NDT kg/dia	EM Mcal/dia
1	Nelore-Simental	1%	9,01	1,23	0,29	3,81	3,38	6,55	23,35
2	Nelore-Simental	1%	9,20	1,26	0,29	3,81	3,52	6,69	23,86
3	Nelore-Simental	1%	9,66	1,28	0,31	4,08	3,65	7,01	24,96
4	Nelore-Simental	2%	8,91	1,25	0,37	3,22	3,71	6,67	23,78
6	Nelore-Simental	1%	9,79	1,28	0,31	4,14	3,70	7,11	25,28
7	Nelore-Simental	1%	9,55	1,29	0,31	4,04	3,58	6,93	24,68
9	Nelore-Simental	2%	9,16	1,27	0,38	3,36	3,77	6,83	24,34
10	Nelore-Simental	2%	11,77	1,56	0,43	4,29	5,00	8,72	31,01
12	Nelore-Simental	2%	9,55	1,32	0,38	3,47	4,00	7,12	25,36
14	Nelore-Simental	1%	7,94	1,15	0,26	3,27	3,03	5,84	20,84
16	Nelore-Simental	2%	8,80	1,20	0,35	3,24	3,66	6,56	23,35
19	Nelore-Simental	2%	9,22	1,24	0,35	3,33	3,91	6,87	24,43
25	Nelore	2%	6,87	0,91	0,27	2,54	2,86	4,83	17,22
28	Nelore	2%	9,38	1,17	0,33	3,49	3,97	6,58	23,39
30	Nelore	1%	8,19	1,08	0,26	3,49	3,07	5,62	20,04
32	Nelore	1%	8,57	1,09	0,27	3,69	3,18	5,85	20,84
35	Nelore	2%	9,30	1,23	0,35	3,45	3,87	6,54	23,32
36	Nelore	1%	7,59	1,02	0,24	3,18	2,90	5,22	18,64
37	Nelore	1%	7,79	1,02	0,25	3,34	2,88	5,34	19,05
38	Nelore	2%	9,12	1,22	0,36	3,50	3,65	6,39	22,78
39	Nelore	1%	7,64	1,00	0,23	3,16	2,96	5,26	18,77
40	Nelore	2%	9,74	1,31	0,38	3,67	3,97	6,84	24,42
41	Nelore	1%	7,11	0,95	0,22	3,00	2,69	4,86	17,37
43	Nelore	2%	8,55	1,14	0,33	3,10	3,61	6,05	21,57
47	Nelore-Angus	2%	11,14	1,49	0,43	4,10	4,65	8,27	29,41
49	Nelore-Angus	1%	10,48	1,37	0,33	4,40	3,99	7,60	27,03
50	Nelore-Angus	1%	9,75	1,31	0,31	4,09	3,69	7,09	25,25
52	Nelore-Angus	2%	10,68	1,40	0,39	3,91	4,52	7,93	28,20
53	Nelore-Angus	2%	12,53	1,61	0,46	4,76	5,13	9,22	32,77
54	Nelore-Angus	2%	9,99	1,33	0,39	3,73	4,12	7,43	26,44
60	Nelore-Angus	1%	8,24	1,12	0,26	3,41	3,16	6,05	21,54
63	Nelore-Angus	2%	9,83	1,27	0,36	3,69	4,07	7,26	25,81
64	Nelore-Angus	1%	11,28	1,43	0,35	4,82	4,24	8,17	29,04
67	Nelore-Angus	2%	10,49	1,37	0,39	3,93	4,34	7,77	27,63

68	Nelore-Angus	1%	9,36	1,25	0,30	3,98	3,51	6,83	24,31
69	Nelore-Angus	1%	10,02	1,31	0,31	4,24	3,78	7,29	25,93

Tabela 4 – Continuação...

5	Nelore-Simental	Manteça	3,83	0,51	0,12	1,61	1,44	2,78	9,89
11	Nelore-Simental	Manteça	4,12	0,55	0,13	1,73	1,55	2,98	10,62
15	Nelore-Simental	Manteça	4,11	0,55	0,13	1,73	1,55	2,98	10,60
17	Nelore-Simental	Manteça	4,10	0,54	0,13	1,73	1,54	2,97	10,58
24	Nelore	Manteça	3,02	0,40	0,09	1,27	1,14	2,07	7,40
29	Nelore	Manteça	3,26	0,43	0,10	1,37	1,23	2,24	7,99
31	Nelore	Manteça	3,17	0,42	0,10	1,34	1,19	2,18	7,77
42	Nelore	Manteça	3,64	0,48	0,11	1,53	1,38	2,50	8,91
48	Nelore-Angus	Manteça	4,13	0,55	0,13	1,74	1,56	3,01	10,70
51	Nelore-Angus	Manteça	3,99	0,53	0,12	1,68	1,50	2,90	10,33
55	Nelore-Angus	Manteça	4,83	0,64	0,15	2,04	1,82	3,52	12,52
59	Nelore-Angus	Manteça	3,91	0,52	0,12	1,65	1,47	2,84	10,11

Tabela 5 – Número do animal, grupo genético (GG), período, tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção), consumo de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) de bovinos em quadrado latino

Animal	Período	Grupo genético	Tratamento	MS kg/dia	EE kg/dia	PB kg/dia	FDNcp kg/dia	CNF kg/dia	NDT kg/dia
21	1	Nelore-Simental	1%	6,19	0,22	0,92	2,64	2,49	4,50
23	1	Nelore-Simental	2%	8,50	0,33	1,71	2,95	3,60	6,92
44	1	Nelore	2%	8,86	0,33	1,63	3,21	3,72	6,50
46	1	Nelore	1%	5,57	0,17	0,76	2,48	2,18	3,89
57	1	Nelore-Angus	1%	7,63	0,25	1,08	3,26	3,04	5,44
58	1	Nelore-Angus	2%	9,79	0,35	1,86	3,72	3,91	7,20
22	1	Nelore-Simental	Mantença	3,98	0,12	0,54	1,66	1,62	3,06
45	1	Nelore	Mantença	3,78	0,12	0,51	1,58	1,53	2,52
56	1	Nelore-Angus	Mantença	4,40	0,13	0,60	1,84	1,79	3,33
21	2	Nelore-Simental	2%	8,92	0,34	1,74	3,24	3,56	6,35
22	2	Nelore-Simental	1%	7,17	0,21	0,94	2,82	2,97	5,22
44	2	Nelore	1%	7,88	0,25	1,03	3,10	3,25	5,39
45	2	Nelore	2%	8,26	0,30	1,47	2,95	3,45	5,94
56	2	Nelore-Angus	2%	9,09	0,34	1,72	3,14	3,83	7,25
58	2	Nelore-Angus	1%	8,97	0,28	1,21	3,68	3,55	6,23
23	2	Nelore-Simental	Mantença	4,67	0,14	0,62	1,91	1,85	3,45
46	2	Nelore	Mantença	3,81	0,11	0,50	1,55	1,51	2,48
57	2	Nelore-Angus	Mantença	5,06	0,15	0,67	2,06	2,01	3,88
22	3	Nelore-Simental	2%	10,08	0,37	1,89	3,51	4,28	7,57
23	3	Nelore-Simental	1%	7,68	0,24	1,10	3,01	3,25	6,12
45	3	Nelore	1%	7,67	0,24	1,06	3,09	3,16	5,84
46	3	Nelore	2%	8,31	0,31	1,59	2,87	3,54	5,95
56	3	Nelore-Angus	2%	8,84	0,28	1,25	3,55	3,64	6,89
57	3	Nelore-Angus	1%	10,82	0,40	2,05	3,71	4,62	9,02
21	3	Nelore-Simental	Mantença	4,21	0,13	0,56	1,74	1,69	3,28
44	3	Nelore	Mantença	3,71	0,11	0,50	1,53	1,49	2,80
58	3	Nelore-Angus	Mantença	4,28	0,13	0,57	1,77	1,72	3,37

Tabela 6 – Número do animal, grupo genético (GG), período, tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção), digestibilidade da proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e carboidratos não fibrosos (CNF) de bovinos em quadrado latino

Animal	Período	Grupo genético	Tratamento	MS %	EE %	PB %	FDNcp %	CNF %
21	1	Nelore-Simental	1%	64,17	74,46	68,88	50,81	87,00
23	1	Nelore-Simental	2%	75,05	81,34	73,01	61,40	90,32
44	1	Nelore	2%	67,40	85,87	65,56	51,14	84,96
46	1	Nelore	1%	62,45	69,05	64,22	53,17	83,61
57	1	Nelore-Angus	1%	65,06	79,05	58,40	56,07	83,68
58	1	Nelore-Angus	2%	66,53	69,99	75,38	48,48	88,00
22	1	Nelore-Simental	Mantença	71,25	80,12	70,91	60,81	89,67
45	1	Nelore	Mantença	60,61	67,91	62,52	47,23	83,51
56	1	Nelore-Angus	Mantença	69,63	77,00	70,95	60,28	87,62
21	2	Nelore-Simental	2%	67,01	72,94	66,70	47,96	86,33
22	2	Nelore-Simental	1%	68,90	84,36	66,27	54,71	89,22
44	2	Nelore	1%	64,14	81,57	65,11	49,18	84,43
45	2	Nelore	2%	67,80	81,10	67,21	49,80	84,83
56	2	Nelore-Angus	2%	74,79	86,06	74,28	60,36	88,99
58	2	Nelore-Angus	1%	64,79	84,55	65,65	49,51	86,49
23	2	Nelore-Simental	Mantença	69,50	80,13	69,80	59,62	87,80
46	2	Nelore	Mantença	60,95	68,56	62,78	45,23	85,06
57	2	Nelore-Angus	Mantença	73,94	81,26	73,77	63,35	89,71
22	3	Nelore-Simental	2%	70,70	73,67	67,42	56,34	86,44
23	3	Nelore-Simental	1%	73,49	80,13	72,00	63,97	91,38
45	3	Nelore	1%	70,55	77,97	71,37	59,35	89,48
46	3	Nelore	2%	66,52	72,66	67,18	51,42	81,95
56	3	Nelore-Angus	2%	73,37	78,11	66,13	62,92	91,87
57	3	Nelore-Angus	1%	77,71	85,34	80,19	69,37	87,06
21	3	Nelore-Simental	Mantença	72,24	87,27	69,18	63,77	90,54
44	3	Nelore	Mantença	70,35	79,41	70,00	57,87	91,23
58	3	Nelore-Angus	Mantença	74,20	81,15	75,29	65,74	89,45

Tabela 7 – Número do animal, grupo genético (GG), período, tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção) e consumo de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) de bovinos em quadrado latino

Animal	Período	Grupo genético	Tratamento	Ca g/dia	P g/dia	Mg g/dia	Na g/dia	K g/dia
21	1	Nelore-Simental	1%	48,07	37,94	20,93	24,19	95,87
23	1	Nelore-Simental	2%	81,04	61,85	37,13	45,56	134,72
44	1	Nelore	2%	73,01	56,12	33,18	40,31	125,34
46	1	Nelore	1%	41,99	33,42	18,11	20,67	86,28
57	1	Nelore-Angus	1%	50,46	39,92	21,94	25,30	101,20
58	1	Nelore-Angus	2%	85,68	65,15	39,40	48,58	140,14
22	1	Nelore-Simental	Mantença	21,47	17,17	9,20	10,43	44,99
45	1	Nelore	Mantença	20,36	16,31	8,73	9,89	42,73
56	1	Nelore-Angus	Mantença	23,71	19,00	10,16	11,51	49,73
21	2	Nelore-Simental	2%	81,46	62,74	36,47	44,56	134,10
22	2	Nelore-Simental	1%	47,11	38,55	19,14	21,17	98,79
44	2	Nelore	1%	48,08	39,23	19,60	21,79	100,03
45	2	Nelore	2%	68,14	53,27	29,94	35,91	118,51
56	2	Nelore-Angus	2%	78,33	60,56	34,95	42,55	130,44
58	2	Nelore-Angus	1%	54,33	43,76	22,59	25,66	108,26
23	2	Nelore-Simental	Mantença	25,72	20,88	10,61	11,96	52,29
46	2	Nelore	Mantença	20,96	17,00	8,64	9,72	42,62
57	2	Nelore-Angus	Mantença	27,88	22,60	11,49	12,95	56,66
22	3	Nelore-Simental	2%	81,64	64,47	37,00	46,39	135,48
23	3	Nelore-Simental	1%	47,78	39,42	20,62	24,99	92,29
45	3	Nelore	1%	44,85	37,57	19,08	22,87	90,12
46	3	Nelore	2%	71,95	57,55	32,23	40,06	124,16
56	3	Nelore-Angus	2%	51,33	42,84	22,11	26,62	100,04
57	3	Nelore-Angus	1%	79,46	59,00	37,52	48,70	111,93
21	3	Nelore-Simental	Mantença	23,01	19,51	9,66	11,49	47,80
44	3	Nelore	Mantença	20,31	17,21	8,53	10,15	42,14
58	3	Nelore-Angus	Mantença	23,39	19,87	9,84	11,68	48,60

Tabela 8 – Número do animal, grupo genético (GG), período, tratamento (1 ou 2% do peso vivo, referência, manutenção) e disponibilidade de cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mg), sódio (Na) e potássio (K) de bovinos em quadrado latino

Animal	Período	Grupo genético	Tratamento	Ca %	P %	Mg %	Na %	K %
21	1	Nelore-Simental	1%	82,58	71,60	43,46	73,59	57,99
23	1	Nelore-Simental	2%	88,41	81,00	72,66	82,59	75,95
44	1	Nelore	2%	75,73	67,48	48,90	72,88	50,06
46	1	Nelore	1%	82,46	71,22	35,82	74,07	53,92
57	1	Nelore-Angus	1%	78,96	64,70	33,48	67,51	55,97
58	1	Nelore-Angus	2%	88,13	78,28	53,62	64,48	72,80
22	1	Nelore-Simental	Mantença	74,15	63,09	39,94	73,66	39,05
45	1	Nelore	Mantença	72,23	55,58	0,96	63,23	37,43
56	1	Nelore-Angus	Mantença	78,38	68,80	19,49	69,77	42,30
21	2	Nelore-Simental	2%	84,59	69,60	90,36	86,99	67,87
22	2	Nelore-Simental	1%	84,85	77,45	78,10	82,67	65,03
44	2	Nelore	1%	77,67	55,61	63,46	72,60	56,95
45	2	Nelore	2%	88,37	80,07	78,73	77,31	70,93
56	2	Nelore-Angus	2%	88,34	69,51	83,13	86,75	71,57
58	2	Nelore-Angus	1%	80,90	27,58	75,99	75,26	54,54
23	2	Nelore-Simental	Mantença	76,19	14,05	63,14	82,86	25,87
46	2	Nelore	Mantença	74,30	28,80	78,45	81,62	45,64
57	2	Nelore-Angus	Mantença	72,75	48,07	75,97	81,18	74,94
22	3	Nelore-Simental	2%	68,33	37,21	90,48	86,73	71,16
23	3	Nelore-Simental	1%	68,59	33,21	79,13	86,06	47,22
45	3	Nelore	1%	55,01	13,19	69,26	76,17	55,70
46	3	Nelore	2%	74,19	60,33	85,25	83,63	73,13
56	3	Nelore-Angus	2%	66,09	36,68	75,66	72,24	62,31
57	3	Nelore-Angus	1%	76,44	49,58	82,61	85,19	69,33
21	3	Nelore-Simental	Mantença	62,33	31,20	73,99	80,44	49,00
44	3	Nelore	Mantença	63,75	39,21	78,30	86,23	18,18
58	3	Nelore-Angus	Mantença	67,02	47,75	80,52	79,40	64,63