

## Validação das Equações Desenvolvidas por Hankins e Howe para Predição da Composição da Carcaça de Zebuínos e Desenvolvimento de Equações para Estimativa da Composição Corporal<sup>1</sup>

Pedro Veiga Rodrigues Paulino<sup>2</sup>, Marcos Antônio Lana Costa<sup>3</sup>, Sebastião de Campos Valadares Filho<sup>4</sup>, Mário Fonseca Paulino<sup>4</sup>, Rilene Ferreira Diniz Valadares<sup>5</sup>, Karla Alves Magalhães<sup>2</sup>, Edenio Detman<sup>4</sup>, Marlos Oliveira Porto<sup>6</sup>, Kamila Andreatta Kling de Moraes<sup>6</sup>

**RESUMO** - Validaram-se as equações desenvolvidas por Hankins e Howe (1946) para fins de predição da composição física e química da carcaça e desenvolveram-se equações a partir de corte da costela para se estimar a composição química do corpo vazio. Foram utilizados 19 novilhos anelados, com peso vivo médio inicial de 270 kg e 24 meses de idade, castrados – quatro pertencentes ao grupo referência, três ao grupo manutenção e 12 distribuídos uniformemente em três grupos, com diferentes níveis de concentrado na dieta (5, 35 e 65% na base da matéria seca total). Como volumoso, foi utilizado pré-secado de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha*) e de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.). As dietas foram isoprotéicas e os alimentos foram fornecidos permitindo-se cerca de 5% de sobras. Os animais do grupo manutenção e dos tratamentos com 5, 35 e 65% de concentrado foram alimentados por um período de, respectivamente, 84, 109, 104 e 102 dias, após o qual foram abatidos, apresentando peso vivo médio de 340,25; 360,55 e 374,50 kg, respectivamente. Após o abate, procedeu-se à dissecação completa da carcaça direita e do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, retirado da carcaça esquerda. O corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas estimou satisfatoriamente a composição física da carcaça dos animais e estimou adequadamente os conteúdos de proteína, água e minerais da carcaça, enquanto o teor de extrato etéreo foi superestimado em 7,8%. Foi desenvolvida uma equação para estimar a porcentagem de extrato etéreo na carcaça a partir da porcentagem desse componente no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas: % EE na carcaça = 1,0709 + 0,7854 \* % EE no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas,  $r^2 = 0,97$ . A composição química do corpo vazio pode ser estimada satisfatoriamente a partir da composição química do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, entretanto, mais informações devem ser geradas para que se possa obter equações mais abrangentes e aplicáveis de forma confiável.

Palavras-chave: animais mestiços, corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, equações de estimação

## Validation of the Equations Proposed by Hankins and Howe for Estimating the Carcass Composition of Zebu cattle and Development of Equations to Predict the Body Composition

**ABSTRACT** - The equations developed by Hankins and Howe were validated in order to predict the physical and chemical carcass composition and equations were developed aiming to estimate the body composition of zebu cattle from the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut composition. Nineteen Zebu steers, with 270 kg of initial live weight (LW) and 2 years old were used. Four were slaughtered in the beginning of the trial, performing the reference group, three were fed to the maintenance level and the remaining were uniformly allotted into three treatments, with different levels of concentrate in the diets (5, 35, 65 %, in the total dry matter basis). *Brachiaria brizantha* and *Cynodon spp* haylage were used as the roughage source of the diets. The diets were isonitrogenous and the animals were fed *ad libitum*. The animals of the reference group and those of the treatments with 5, 35 and 65 % of concentrate were fed for a period of, respectively, 84, 109, 104 and 102 days, after which the animals were slaughtered, with average body weight of 340.25; 360.55 e 374.50 kg, respectively. After slaughter, the right side of all carcasses were totally dissected. The same was done to the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, obtained from the left sides of carcasses. The physical composition of the carcasses were well predicted by the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, which chemical composition predicted satisfactorily the contents of protein, water and minerals of the zebu cattle carcasses. The content of fat of the carcasses was overestimated in 7.8%. A regression equation was developed to estimate the percentage of ether extract (EE) of the carcasses, in function of this component in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut: % EE carcass = 1.0709 + 0.7854 \* % EE 9-10-11<sup>th</sup> rib cut,  $r^2 = 0.97$ . The empty body chemical composition can be predicted from the chemical composition of the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, however, more data should be gathered in order to develop equations that would be applicable in a wide range of situations, producing reliable estimates.

Key Words: crossbred steers, 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, prediction equations

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à UFV, parcialmente financiada pelo CNPq e pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Estudante de Doutorado DZO/UFV, Viçosa, MG. E.mail: pveiga@vicosa.ufv.br

<sup>3</sup> Mestre em Zootecnia.

<sup>4</sup> Professores do DZO/UFV, Viçosa, MG. E.mail: scvfilho@ufv.br

<sup>5</sup> Professora do DVT/UFV, Viçosa, MG.

<sup>6</sup> Estudantes de Mestrado DZO/UFV, Viçosa, MG.

## Introdução

O objetivo principal de qualquer atividade econômica associada à produção animal é a obtenção de um produto de qualidade, saudável e seguro para os consumidores, desde que seja economicamente interessante. Nota-se, especificamente na cadeia da carne bovina no Brasil, que esse objetivo tem sido negligenciado desde tempos passados. Entretanto, frente à nova conjuntura sócio-econômica, a pecuária de corte nacional vem ensaiando, principalmente a partir do início da década de 90, um processo mais expressivo de desenvolvimento. Têm-se buscado maximizar, de forma rentável, o crescimento contínuo dos animais, a fim de se obter carcaças dentro dos padrões de qualidade, visando atender um mercado consumidor cada vez mais exigente.

A determinação da composição física e/ou química da carcaça torna-se fundamental dentro desse contexto, pois possibilita avaliar o efeito de qualquer tipo de tratamento a que os animais possam ter sido submetidos e verificar seus impactos na carcaça (Vaz & Restle, 2003). Permite determinar também se as carcaças produzidas apresentam elevada proporção de músculos e adequada deposição de gordura, conforme as exigências do mercado consumidor (Carvalho et al., 2003; Vêras et al., 2001). Também em estudos de crescimento animal, seja estimando curvas de deposição ou degradação de tecidos corporais, notadamente músculo (Gerrits et al., 1998) e tecido adiposo (Sprinkle et al., 1998), seja comparando diferentes grupos genéticos em termos de características de carcaça e da carne (Bidner et al., 2002), a determinação da composição da carcaça se torna imprescindível. Além disso, a carcaça é o principal constituinte do corpo vazio animal, sendo a determinação de sua composição necessária para que a composição corporal seja obtida, pelo menos até que métodos indiretos confiáveis sejam estabelecidos e se mostrem capazes de predizer a composição do corpo vazio como um todo, sem a necessidade de se determinar a composição da carcaça e dos demais tecidos corporais.

A determinação direta da composição da carcaça, ou seja, sua dissecação completa e a análise de seus constituintes individuais é o método mais acurado que existe, gerando dados altamente confiáveis. Entretanto, sua adoção por indústrias frigoríficas ou como rotina experimental torna-se praticamente impossível, em virtude de ser um método demorado,

trabalhoso e caro, uma vez que pelo menos metade da carcaça não pode ser comercializada. Nesse sentido, métodos indiretos foram e têm sido desenvolvidos para estimar de maneira rápida, simples, econômica e confiável, a composição da carcaça e/ou do corpo vazio de bovinos (Silva, 2001).

A procura por um método simples e preciso levou vários pesquisadores a utilizarem diversos cortes da carcaça (Silva, 2001). No Brasil, os trabalhos mais recentes que envolvem o estudo da composição da carcaça e as exigências nutricionais de bovinos de corte utilizaram o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas como técnica indireta para predição da composição física e química da carcaça e, conseqüentemente, do corpo vazio.

Hankins & Howe (1946) propuseram a adoção de uma amostra da carcaça, compreendendo o corte da seção entre a 9<sup>a</sup> e a 11<sup>a</sup> costelas, como estimador da composição física da carcaça de bovinos. A partir da dissecação completa de 84 carcaças de novilhos de raças européias britânicas (Aberdeen Angus, Hereford, Shorthorn e suas cruzas) foram desenvolvidas, pelos constituintes físicos (tecido adiposo, tecido muscular e tecido ósseo) do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas e da carcaça, equações de regressão que têm sido amplamente utilizadas em todo o mundo, (Schoonmaker et al., 2002), inclusive no Brasil.

No Brasil, entretanto, poucos são os trabalhos que avaliam as equações propostas por Hankins & Howe (1946), para fins de predição da composição da carcaça de animais zebuínos, apesar de o rebanho bovino brasileiro ter na sua constituição genética cerca de 80-85% de genes de origem zebuína, seja como animais puros, seja como mestiços (Josahkian, 1999).

Um dos poucos trabalhos em que se estudou a viabilidade dessas equações para a predição das composições física e química da carcaça de animais da raça Nelore foi desenvolvido por Silva (2001) e envolveu a dissecação completa da carcaça de oito animais. Este autor verificou que os teores dos tecidos muscular + adiposo e ósseo da carcaça foram estimados de forma satisfatória pelas equações desenvolvidas por Hankins & Howe (1946). Entretanto, quando se avaliou a composição química, o que se verificou foi que o corte entre a 9-10-11<sup>a</sup> costelas somente estimou, de forma precisa, o teor de proteína, superestimando o teor de extrato etéreo e subestimando o teor de água da carcaça (Silva et al., 2002).

Embora o corte entre as 9-10-11<sup>a</sup> costelas não tenha sido originalmente proposto para predizer a composição química do corpo vazio como um todo,

mas somente da carcaça, diversos pesquisadores utilizam-no com este propósito, alegando que metodologias mais simples devem ser desenvolvidas (Lanna et al., 1995). Conforme já destacava Reid et al. (1955), em experimentos de nutrição animal, para avaliar as exigências nutricionais dos animais, um dado de extrema relevância é a composição corporal de todo o corpo vazio (Lanna et al., 1995; Henrique et al., 2003; Ferreira et al., 2001; Véras et al., 2001).

A estimativa do teor de extrato etéreo da carcaça a partir da composição do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, utilizada posteriormente para a determinação da composição química corporal, assume grande importância, uma vez que este procedimento vem sendo adotado com frequência no Brasil em estudos de exigências nutricionais (Ferreira et al., 1998; Véras et al., 2000; Veloso et al., 2002; Valadares Filho et al., 2003). A carcaça é o principal constituinte quantitativo do corpo vazio animal e a gordura é a fração do corpo que apresenta o maior equivalente calórico (9,3929 Mcal), ao passo que a proteína apresenta 5,6405 Mcal (ARC, 1980). Quando o conteúdo de extrato etéreo na carcaça é superestimado, o do corpo vazio também o é, ocasionando, superestimação da energia corporal.

Este estudo foi conduzido para validar a utilização das equações propostas por Hankins & Howe (1946) para predição da composição física e química da carcaça de animais mestiços Nelore, sem grau de sangue definido, provenientes de rebanho comercial, e desenvolver equações para estimativa da composição química corporal a partir da composição química do corte da seção entre as 9-10-11<sup>a</sup> costelas.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, entre os meses de novembro de 2000 e março de 2001.

Foram utilizados 19 bovinos anelados, provenientes de rebanho comercial da região de Mariana-MG e sem grau de sangue definido, castrados, com 24 meses de idade e 270 kg de peso vivo, aproximadamente. Os animais foram confinados em baias individuais com piso de concreto, providas de comedouro e bebedouro, com área total de 30 m<sup>2</sup>, sendo 8 m<sup>2</sup> cobertos com telhas de amianto.

No início do estudo, os animais foram pesados, identificados e vermifugados. Houve um período de

adaptação de 14 dias, quando todos os animais receberam uma mesma dieta, composta por cerca de 80% de pré-secado de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha*) e 20% de concentrado, na base da matéria seca (MS) total. Após esse período, quatro animais foram abatidos, servindo de grupo referência. Dos 15 animais restantes, doze foram uniformemente distribuídos em três tratamentos, com três diferentes níveis de concentrado nas dietas (5; 35 e 65%, na base da MS) e três foram designados ao grupo manutenção, quando receberam a mesma dieta dos animais do tratamento com 35% de concentrado, porém restrita a 1,5% do peso vivo. As proporções dos ingredientes nas dietas, na base da matéria seca, estão apresentadas na Tabela 1.

As rações foram formuladas para serem isotérmicas. O volumoso constituiu-se de pré-secado de capim-braquiária (*Brachiaria brizantha*), que foi utilizado durante os primeiros 72 dias do experimento. No final do confinamento, devido à impossibilidade de obtenção do volumoso fornecido inicialmente, o mesmo foi substituído pelo pré-secado de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.).

A composição bromatológica média das dietas experimentais encontra-se na Tabela 2.

Os alimentos foram fornecidos uma vez ao dia, de forma a manter as sobras em torno de 5 a 10% da quantidade fornecida, exceto para os animais do grupo manutenção. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 28 dias, após jejum alimentar de 16 horas. O abate foi efetuado de forma escalonada após 84, 109, 104 e 102 dias de confinamento (desconsiderando o período de adaptação) para os grupos manutenção, 5, 35 e 65% de concentrado nas dietas, respectivamente.

Após o abate, a carcaça de cada animal foi dividida em duas meia-carcaças, que foram pesadas e, em seguida, resfriadas em câmara fria a -5°C, durante aproximadamente 18 horas. Posteriormente, as meia-carcaças foram retiradas da câmara fria, removendo-se uma amostra da carcaça esquerda, correspondente ao corte da seção entre as 9<sup>a</sup> e 11<sup>a</sup> costelas, segundo procedimento descrito por Hankins & Howe (1946), para posterior dissecação e predição das proporções de músculos, ossos e tecido adiposo na carcaça, segundo as equações preconizadas por esses autores:

Proporção de músculo:  $Y = 16,08 + 0,80 X$

Proporção de tecido adiposo:  $Y = 3,54 + 0,80 X$

Proporção de ossos:  $Y = 5,52 + 0,57 X$

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes nas dietas, expressas na base da matéria seca, em função dos níveis de concentrado nas dietas

Table 1 - Ingredients proportion in the diets, in the dry matter basis

Ingredientes (%) Ingredients (%)	Níveis de concentrado na dieta (%) Concentrate levels in the diet (%)		
	5	35	65
Pré-secado de braquiária ou tifton <i>B.brizantha</i> or <i>Cynodon sp. haylage</i>	95	65	35
Farelo de trigo <i>Wheat bran</i>	-	17,5	32,5
Fubá de milho <i>Ground corn</i>	-	9,21	26,52
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	3,5	7,65	4,81
Uréia <i>Urea</i>	0,9	-	-
Sulfato de amônio <i>Ammonium sulfate</i>	0,1	-	-
Calcário calcítico <i>Calcitic limestone</i>	0,065	0,384	0,9
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	0,195	-	-
Cloreto de sódio <i>Sodium chloride</i>	0,22	0,228	0,241
Premix mineral <sup>1</sup> <i>Mineral premix</i>	0,02	0,017	0,02

<sup>1</sup> Composição: sulfato de zinco (75,4%), sulfato de cobre (22,5%), sulfato de cobalto (1,4%), iodato de potássio (0,5%), selenito de sódio (0,2%).

<sup>1</sup> Composition: zinc sulfate (75.4%), copper sulfate (22.5%), cobalt sulfate (1.4%), potassium iodide (0.5%), sodium selenite (0.2%).

em que: X = porcentagem do componente correspondente no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas.

A carcaça direita foi totalmente dissecada, procedendo-se à separação dos componentes músculo, gordura e ossos, que foram pesados em seguida. O tecido muscular e o tecido adiposo foram moídos, ao passo que o tecido ósseo foi serrado. Após completa homogeneização, foi retirada uma amostra representativa de cada tecido, para determinação dos teores de proteína, extrato etéreo e minerais. Para a amostragem do tecido ósseo, os ossos foram divididos em três categorias: ossos longos, costelas e vértebras. Ossos dentro de cada categoria foram pesados separadamente, serrados e subamostrados, de forma proporcional. Essas subamostras foram, então, agrupadas e homogeneizadas, compondo a amostra representativa dos ossos da carcaça.

As amostras, com 200 g cada, de músculo e gordura, do corte das costelas e da carcaça direita,

Tabela 2 - Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína (PROT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não-fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas experimentais

Table 2 - Average contents of dry matter (DM), organic matter (OM), protein (Prot), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), neutral detergent fiber corrected for protein and ash (nFDN), non fiber carbohydrates (NFC), acid detergent fiber (ADF), lignin and total digestible nutrients (TDN)

Ingredientes (%) Ingredients (%)	Níveis de concentrado na dieta (%) Concentrate levels in the diet (%)		
	5	35	65
MS (DM) (%)	32,1	49,9	67,2
MO (OM) <sup>1</sup>	91,0	92,6	93,8
PROT (Prot) <sup>1</sup>	17,4	16,3	15,5
EE <sup>1</sup>	1,8	2,2	2,7
FDN (NDF) <sup>1</sup>	65,7	49,9	33,9
FDNcp (nFDN) <sup>1</sup>	62,1	46,8	30,9
CNF (NFC) <sup>1</sup>	11,6	27,3	44,8
FDA (ADF) <sup>1</sup>	33,5	24,9	16,3
Lignina (Lignin) <sup>1</sup>	5,2	4,0	2,9
NDT (TDN) <sup>1,2</sup> (%)	65,6	69,6	74,3

<sup>1</sup> Porcentagem na matéria seca (Percentage in dry matter).

<sup>2</sup> NDT = PBD + 2,25 x EED + CNFD + FDNcpD (TDN = CPd + 2.25 x EEd + NFCd + nFDNd).

após moídas, e as de ossos, após seccionadas, foram acondicionadas em vidros com capacidade de 500 mL e levadas à estufa a 105°C, por um período de 48 a 96 horas, dependendo da amostra, para a determinação da matéria seca (AOAC, 2000; Ferreira et al., 2001; Vêras et al. 2001; Veloso et al. 2002). Posteriormente, foram submetidas a lavagens sucessivas com éter de petróleo (pré-desengorduramento) e processadas em moinho de bola, para subseqüentes determinações de nitrogênio total, extrato etéreo (EE) e minerais, conforme Silva (1990). A quantidade de gordura removida no pré-desengorduramento foi somada àquela obtida após a análise de extrato etéreo das amostras moídas, para a obtenção do teor total de gordura.

O teor de proteína (PROT) para todos os tecidos analisados foi estimado pelo produto entre o teor de nitrogênio total e o fator 6,25.

Os conteúdos na carcaça de PROT, EE, água e minerais foram determinados em função das concentrações percentuais destes nutrientes nas amostras dos constituintes separados (gordura, músculos e ossos) da carcaça direita, sendo a composição final calculada pela adoção da composição física, determi-

nada pela dissecação da carcaça como um todo. Para predição dos conteúdos de PROT, EE, minerais e água da carcaça, procedeu-se à análise química dos tecidos muscular, adiposo e ósseo, obtidos na dissecação do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas. Para obter a composição estimada final da carcaça, empregou-se a composição física da carcaça, estimada pelas equações desenvolvidas por Hankins & Howe (1946). Desta forma, a composição química estimada da carcaça, que foi comparada à composição química observada, foi obtida a partir das porcentagens de músculo, gordura e ossos na carcaça, obtidas de acordo com as equações propostas por Hankins & Howe (1946), e seus respectivos teores de PROT, EE, água e minerais. Sob a constatação de não-correspondência entre valor estimado e predito para determinado constituinte, uma equação de predição desse constituinte na carcaça foi construída, a partir dos valores obtidos pela moagem completa da carcaça e do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas.

Para determinação da composição química do corpo vazio, os constituintes corporais órgãos + vísceras (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grosso, gordura interna, mesentério, fígado, coração, rins, pulmões, língua, baço, diafragma, esôfago, traquéia e aparelho reprodutor), sangue, couro, pés e cabeça foram pesados e amostrados após o abate, moídos ou serrados (pés, cabeça), secos em estufa, como descrito anteriormente, pré-desengordurados e, então, analisados quimicamente, de acordo com os procedimentos utilizados para as amostras da carcaça. Somando-se então as quantidades de cada nutriente, obtidas diretamente na carcaça, com aquelas obtidas pelas análises químicas dos demais componentes corporais, obteve-se a composição química do corpo vazio para cada nutriente. Esse procedimento possibilitou o ajuste de equações de regressão, correlacionando a composição química do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas e a composição química do corpo vazio.

As comparações entre as porcentagens dos tecidos muscular, adiposo e ósseo observadas na carcaça e aquelas estimadas pelas equações de Hankins & Howe (1946), usando o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, bem como entre os teores observados na carcaça, e aqueles estimados pelo corte da seção entre as 9-10-11<sup>a</sup> costelas de PROT, EE, água e minerais foram efetuadas por intermédio do ajuste do modelo de regressão linear simples (REG 1) dos valores estimados sobre os valores observados, por meio do progra-

ma estatístico SAS (1997). As estimativas dos parâmetros de regressão foram testadas sobre as hipóteses:  $H_0: b_0=0$ ;  $H_a: b_0 \neq 0$ ;  $H_0: b_1=1$ ;  $H_a: b_1 \neq 1$ . No caso de não rejeição de ambas as hipóteses de nulidade, concluiu-se que os valores observados e estimados foram similares. Em situação contrária, nova equação de regressão foi testada, suprimindo-se a estimativa do parâmetro, relativa ao intercepto (REG 2), sob o modelo:  $Y_i = bX_i + e_i$ , em que  $Y_i$  = porcentagem ou teor do componente estimado pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas;  $X_i$  = porcentagem ou teor do componente observado na carcaça;  $b$  = coeficiente de inclinação da reta e  $e_i$  = erro aleatório, associado a cada observação, pressuposto normalmente distribuído  $(0, \sigma^2)$ . Nessa nova avaliação, a comparação entre o valor observado e o valor predito ou estimado foi realizada sob as seguintes hipóteses:  $H_0: b_1=1$ ;  $H_a: b_1 \neq 1$ . No caso de não-rejeição da hipótese de nulidade, concluiu-se que os valores observados e os estimados não foram similares. No caso de não-aceitação da hipótese  $H_0$ , estimou-se o vício global da estimativa como:  $B = (\beta - 1) \times 100$ , em que  $B$  = vício global da estimativa (%),  $\beta$  = estimativa do coeficiente angular da equação ajustada (REG 2), e 1 = valor paramétrico para o coeficiente angular sob a pressuposição de a hipótese de nulidade ser verdadeira. Para todos os procedimentos estatísticos empregados, adotou-se  $\alpha = 0,05$ .

Equações de regressão polinomial relacionando os dados de composição química do corpo vazio com aqueles do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas foram construídas utilizando-se o SAS (1997). Para cada componente químico do corpo vazio, foram ajustadas quatro regressões de predição, em função, respectivamente, dos teores de água, EE, PROT e minerais observados no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas. A partir da análise dos coeficientes de determinação e dos erros-padrão de cada equação obtida, decidiu-se quais as melhores equações a serem adotadas para predição da composição química do corpo vazio a partir da composição química do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas.

## Resultados e Discussão

O peso de abate dos animais variou de 223,5 kg (valor mínimo) a 421,5 kg (valor máximo), com valor médio de 316,2 kg. Na Tabela 3, são apresentados os dados referentes à composição física da carcaça, observados e estimados pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas de todos os animais do experimento, incluindo

Tabela 3 - Médias e amplitude de variação para as porcentagens dos tecidos muscular, adiposo e ósseo da carcaça dos animais, observados e estimados pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas

Table 3 - Means and range of variation of the percentages of muscle tissue, fat and bone tissue in the carcass of the animals, observed and predicted by the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut

Itens (%) Items (%)	Composição observada Observed composition	Composição estimada <sup>1</sup> Estimated composition
	Tecido muscular ( <i>Muscle tissue</i> )	
Média (Mean)	59,42 ± 4,5	57,14 ± 4,8
Amplitude de variação Range of variation	53,09 – 71,21	49,4 – 66,50
	Tecido adiposo ( <i>Adipose tissue</i> )	
Média (Mean)	23,94 ± 5,2	27,07 ± 6,9
Amplitude de variação Range of variation	15,76 – 32,18	16,21 – 37,04
	Tecido ósseo ( <i>Bone tissue</i> )	
Média (Mean)	16,64 ± 2,0	15,80 ± 2,0
Amplitude de variação Range of variation	13,03 – 19,94	13,0 – 19,5

<sup>1</sup> Estimados segundo equações propostas por Hankins & Howe (1946).

<sup>1</sup> Estimated according to Hankins & Howe (1946) equations.

os animais referência e aqueles do grupo de manutenção, podendo-se visualizar a amplitude dos dados (valores mínimos e máximos), as médias e seus respectivos desvios-padrão.

As estimativas dos parâmetros da equação de regressão das porcentagens observadas na carcaça para os tecidos muscular, adiposo e ósseo, em função das porcentagens estimadas pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas desses componentes, encontram-se na Tabela 4. Verificou-se que a análise estatística dos interceptos e dos coeficientes de inclinação das retas apontou que ambas as hipóteses de nulidade, ou seja,  $H_0: b_0=0$  e  $H_0: b_1=1$ , não foram rejeitadas ( $P>0,05$ ), indicando que os valores observados para as porcentagens dos tecidos muscular, adiposo e ósseo na carcaça são equivalentes aos valores preditos pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas. Kempster (1979) e Abraham (1980), citados por Karnuah (2001), demonstraram que a acurácia de uma equação de predição sofre redução quando as equações são aplicadas para estimar a composição da carcaça de animais pertencentes a outra população ou a outro agrupamento genético, o que pode explicar os coeficientes de determinação encontrados neste estudo. Entretanto, essa observação não condena o uso do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas para fins de estimação da

composição física da carcaça de animais zebuínos. Contudo, as regressões que foram ajustadas não agregam aos objetivos de descrever uma nova relação entre variáveis, uma vez que não se buscou um melhor modelo. Objetivou-se verificar a correspondência de relação entre dois valores, a qual, se existente e sem a presença de vícios, assumiria a forma pré-estabelecida de  $Y=0 + 1 X$  ou, simplesmente,  $Y=X$ . Desta forma, as principais ferramentas que propiciaram esta verificação foram os testes de hipóteses aplicados sobre os parâmetros do modelo linear simples. Para o caso específico das equações entre valores preditos e observados, a aplicação dos testes sobre as hipóteses de nulidade relacionadas ao parâmetro intercepto e parâmetro coeficiente de inclinação foi realizada pressupondo-se que a relação assumiu a forma ideal supracitada. Isto permaneceu até que se mostrasse a possibilidade de que não fosse verdade (para o caso em que pelo menos uma das hipóteses de nulidade fosse rejeitada). Assim, a não-rejeição de ambas as hipóteses de nulidade para as relações em todos os tecidos confirmou o modelo  $Y=X$ , pressuposto inicialmente, o que implicou, indiretamente, que as equações de Hankins & Howe (1946), desenvolvidas com animais europeus britânicos, estimaram os teores de músculo, gordura e osso da carcaça de novilhos mestiços Nelore, dentro da faixa de peso de 223,50 a 421,50 kg, sem vícios. Por outro lado, a precisão com que as estimativas foram obtidas quando se utilizou essas equações pôde ser medida pelo erro-padrão da estimativa, que foi, respectivamente, de 3,19; 3,20 e 1,42 kg para os teores de músculo, gordura e ossos. Os dados apresentados neste trabalho comprovam que a estimação da composição física da carcaça de novilhos mestiços Nelore a partir das equações desenvolvidas por Hankins & Howe (1946) não apresentou vícios e sua adoção fica na dependência do objetivo para o qual as estimativas serão utilizadas. A análise dos erros-padrão de estimativa permitiu determinar se o grau de precisão conferido pelo modelo foi suficiente ou não para que fosse adotado para a estimação da composição física da carcaça de animais mestiços Nelore na mesma faixa de peso dos animais utilizados neste trabalho.

Ledger & Hutchison (1962), trabalhando com novilhos de raças zebuínas, obtiveram equações de regressão linear com coeficientes de determinação para o músculo, a gordura e o osso da carcaça, a partir dos mesmos componentes separados do corte da 10<sup>a</sup> ou 11<sup>a</sup>, costela mais elevados que aqueles

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros de regressão e do coeficiente de correlação linear e níveis descritivos de probabilidade para o erro tipo I (Valor - P) associados às diferentes hipóteses de nulidade para as relações funcionais entre valores preditos (Y) e observados (X) para os diferentes tecidos componentes da carcaça

Table 4 - Estimates of the regression parameters and of the correlation coefficient, probabilities levels for the error type I (P- Value) associated to the different nullity hypothesis, and standard error of prediction for the relationships between predicted (Y) and observed (X) values of the different carcass components

Tecidos <i>Tissues</i>	Intercepto <i>Intercept</i>		Coeficiente de inclinação <i>Slope</i>		r <sup>2</sup>
	Estimativa <i>Estimate</i>	Valor-P <sup>1</sup> <i>P- Value<sup>1</sup></i>	Estimativa <i>Estimate</i>	Valor-P <sup>2</sup> <i>P- Value<sup>2</sup></i>	
Muscular <i>Muscle</i>	3,6518	0,7199	0,9000	0,5598	0,63
Adiposo <i>Adipose</i>	0,0691	0,9847	1,1278	0,3894	0,78
Ósseo <i>Bone</i>	1,8776	0,5173	0,8367	0,3490	0,59

<sup>1</sup> H<sub>0</sub>: β<sub>0</sub> = 0; H<sub>a</sub>: β<sub>0</sub> ≠ 0.

<sup>2</sup> H<sub>0</sub>: β<sub>1</sub> = 1; H<sub>a</sub>: β<sub>1</sub> ≠ 1.

observados na Tabela 4. Cole et al. (1962) confirmaram a validade das equações de Hankins & Howe (1946) em um estudo em que utilizaram animais com diferentes graus de acabamento, incluindo animais da raça Brahman. Alleoni et al. (1997) destacaram a importância do método indireto utilizado para predição da composição corporal e da carcaça ser aplicável para animais em diferentes idades, tamanhos corporais e graus de acabamento, ou seja, para que o método seja aplicável na prática, torna-se necessário que ele estime bem os parâmetros avaliados, independentemente do tipo de animal utilizado, desde que dentro de um mesmo grupamento genético. O método que utilizou o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas mostrou-se útil nessas condições, uma vez que os animais foram abatidos com peso vivo variando de 223,5 a 421,5 kg e 15,8 a 32,2% de gordura na carcaça.

Silva (2001), avaliando o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, encontrou valores estimados de 86,8% para as porcentagens de músculo + gordura e 14,6% de ossos na carcaça e estes valores não diferiram das observações encontradas usando a composição física real da carcaça (85,2 e 14,8% para músculo + gordura e ossos, respectivamente). Verificou-se, na literatura nacional, algumas tentativas de se validar a determinação da composição química da carcaça e do corpo vazio a partir da análise química dos tecidos separados da seção do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, empregando-se, porém, as equações de Hankins & Howe (1946) para obter a composição física da carcaça (uma vez que não houve dissecação nem moagem da carcaça como um todo) e, a partir de então, calcular a composição química da carcaça e do corpo vazio

(Peron et al., 1993; Jorge et al., 2000; Ferreira et al., 2001; Vêras et al., 2001). Ou seja, partiu-se da estimativa da composição física para se obter as estimativas da composição química. Seria necessário a moagem da carcaça como um todo para gerar os dados reais de composição química e validar o procedimento em que se adota as equações de Hankins & Howe (1946) para predizer a participação de cada constituinte - músculo, gordura e osso - na carcaça e utilizar a análise química desses constituintes separados no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas para calcular a composição química estimada da carcaça. Este procedimento, no entanto, foi realizado e validado neste trabalho para novilhos mestiços Nelore com 24 meses de idade e peso de 270 a 375 kg.

Os teores médios de PROT, EE, água e minerais, obtidos diretamente na carcaça e estimados a partir da análise dos tecidos do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, estão apresentados na Tabela 5, juntamente com a variação observada de cada constituinte e o desvio-padrão da média.

As estimativas dos parâmetros das equações de regressão dos teores de PROT, EE, água e minerais, estimadas pelo corte da 9-10-11<sup>a</sup> costelas em função dos teores observados na carcaça, encontram-se na Tabela 6.

De maneira semelhante à análise da composição física da carcaça, os valores dos interceptos e dos coeficientes de inclinação das retas em REG 1 para PROT, água e minerais apontaram para a aceitação de ambas as hipóteses de nulidade, ou seja, H<sub>0</sub>: b<sub>0</sub>=0 e H<sub>0</sub>: b<sub>1</sub>=1. Com isso, concluiu-se que os valores desses constituintes determinados diretamente pela

Tabela 5 - Médias e amplitudes de variação observadas ou estimadas pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, para as porcentagens de extrato etéreo, proteína, água e minerais na carcaça dos animais

Table 5 - Means and range of variation of carcass percentages of ether extract, protein, water and ash, observed or predicted by the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut of the animals

Itens (%) Items (%)	Composição observada Observed composition	Composição estimada <sup>1</sup> Estimated composition
	Extrato etéreo (Ether extract)	
Média (Mean)	13,7 ± 5,4	14,8 ± 6,1
Amplitude de variação Range of variation	4,3 - 22,3	4,5 - 24,4
	Proteína (Protein)	
Média (Mean)	18,7 ± 2,1	18,6 ± 2,2
Amplitude de variação Range of variation	14,3 - 23,5	14,8 - 23,6
	Água (Water)	
Média (Mean)	59,4 ± 3,7	58,8 ± 4,0
Amplitude de variação Range of variation	53,9 - 66,9	51,7 - 67,1
	Minerais (Ash)	
Média (Mean)	6,1 ± 0,7	6,0 ± 0,7
Amplitude de variação Range of variation	4,5 - 7,3	4,9 - 7,2

análise química dos tecidos da carcaça foram similares àqueles obtidos pela análise dos tecidos do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, ou seja, esse corte estimou bem os teores de PROT, água e minerais. Trabalhos envolvendo a comparação do teor de minerais do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas com os encontrados na carcaça, como os de Hankins & Howe (1946) e Kelly et al. (1968), encontraram menores coeficientes de correlação, levando os autores a concluir que o uso desse corte para fins de predição do teor de minerais da carcaça seria questionável. Entretanto, nos experimentos citados, foram analisadas somente as porções comestíveis tanto do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas quanto da carcaça, excluindo-se, portanto a análise dos ossos, que é o constituinte da carcaça que apresenta os maiores teores de macrominerais, principalmente cálcio e fósforo. Quando foram analisados todos os tecidos da carcaça e do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, observou-se que os teores de minerais da carcaça estimados por esse corte foram similares aos teores determinados diretamente nos tecidos da carcaça. O fato de o coeficiente de determinação obtido pela regressão entre os valores preditos e observados do teor de minerais na carcaça

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros, valores descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) para as regressões entre valores estimados e observados das porcentagens de proteína (PROT), extrato etéreo (EE), água e minerais da carcaça dos animais

Table 6 - Estimates of the parameters, probability descriptive values for the null hypothesis and coefficients of determination ( $r^2$ ) for the regressions between observed and estimated values of carcass percentages of protein (Prot), ether extract (EE), water and ash of the animals

Itens Items	REG 1				$r^2$ (%)	REG 2	
	Intercepto Intercept		Coeficiente inclinação Slope			Coeficiente inclinação Slope	
	Estimativa Estimate	Valor P <sup>1</sup> P Value <sup>1</sup>	Estimativa Estimate	Valor P <sup>2</sup> P Value <sup>2</sup>		Estimativa Estimate	Valor P <sup>2</sup> P Value <sup>2</sup>
PROT Prot	0,1718	0,8475	0,9871	0,7854	0,96	-	-
EE EE	-0,4440	0,5226	1,1065	0,0340	0,97	1,0784	0,0001
Água Water	-2,7565	0,4902	1,0371	0,5798	0,94	-	-
Minerais Ash	0,4664	0,6080	0,9070	0,5282	0,71	-	-

<sup>1</sup>  $H_0 = \beta_0 = 0$ .

<sup>2</sup>  $H_0 = \beta_1 = 1$ .

ter sido inferior àqueles referentes aos teores de PROT, EE e água não invalida o método de estimação, conforme discutido anteriormente para a estimação da composição física da carcaça.

Para o teor de extrato etéreo da carcaça, verificou-se (Tabela 6) que o valor do coeficiente de inclinação da reta em REG 1 e seu respectivo valor de probabilidade atestaram a não-aceitação da hipótese de nulidade ( $H_0: b_1=1$ ). Submetendo-se esta variável ao ajuste de equação de regressão sem a consideração do intercepto (REG 2), observou-se superestimação do teor de extrato etéreo na carcaça em torno de 7,8%, ou seja, quando se utiliza o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas e as equações desenvolvidas por Hankins & Howe (1946) para estimar a composição química da carcaça de animais mestiços Nelore, ocorre superestimação de 7,8% do componente extrato etéreo. A partir dessa constatação, determinou-se equação de regressão linear, com os dados do presente experimento, com o fim de se estimar o teor de extrato etéreo da carcaça a partir do teor observado no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas. A equação ajustada para os referidos dados foi a seguinte:

%EE na carcaça =  $1,0709 + 0,7854 * \% \text{ de EE no corte das 9-10-11}^{\text{a}}$  costelas ( $r^2=97,2$ ;  $S_{x,y} = 1,00$ )

Apesar do alto coeficiente de determinação da equação e do baixo erro-padrão da estimativa, que demonstraram a viabilidade de sua aplicabilidade de maneira confiável, tornou-se necessário validá-la, utilizando-se maior número de animais. Essa equação foi desenvolvida com os dados de apenas 19 animais, número bem pequeno quando comparado, por exemplo, ao trabalho original de Hankins & Howe (1946), em que as equações foram geradas a partir de dados obtidos de 84 novilhos. Portanto, não existe projeção populacional biologicamente expressiva para justificar a proposição concreta e mais abrangente dessa equação até que seja testada em uma amostra independente de animais.

Silva (2001), realizando o mesmo procedimento, verificou que a estimativa da composição química da carcaça, empregando-se o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas e as equações sugeridas por Hankins & Howe (1946), foi adequada somente em relação ao teor de PROT da carcaça de novilhos da raça Nelore. O conteúdo de água da carcaça foi subestimado e o de EE superestimado, sem, contudo, ter havido a mensuração dessas sub ou superestimações. Desta forma, o autor construiu suas próprias equações, no sentido de obter estimativas mais confiáveis de compo-

sição química da carcaça. As equações de regressão ajustadas para estimar a porcentagem de extrato etéreo e de água na carcaça a partir da porcentagem de extrato etéreo no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas foram: %EE na carcaça =  $1,5113 + 0,6832 X$ ,  $r^2=0,75$ ; %água na carcaça =  $71,8989 - 0,6006 X$ ,  $r^2=0,86$ , onde X = % de extrato etéreo no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas. Apesar de terem sido utilizados apenas oito animais, estas equações se mostraram eficientes, nas condições específicas do trabalho desse autor, em prever os teores de EE e água na carcaça a partir das observações do teor de EE no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas.

Tomando-se como base um animal que apresenta teor de 20% de EE no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, obtém-se, pela equação gerada neste experimento, uma porcentagem de 16,8% de EE na carcaça. Ao adotar a equação desenvolvida por Silva (2001), a porcentagem de EE na carcaça é de 15,2%, ou seja, 10% inferior. No entanto, Silva (2001) utilizou animais inteiros, o que pode justificar o menor teor de gordura encontrado. Essas variações podem, no entanto, ser consideradas normais, visto que ainda não há equações estabelecidas e solidamente validadas para estimar a composição química da carcaça de zebuínos a partir dos cortes das costelas. Geralmente, os trabalhos têm gerado as suas próprias equações de forma isolada, não havendo maior integração dos dados disponíveis. Uma possível análise mais abrangente de conjuntos de dados independentes, gerados em condições diversas com animais heterogêneos, seria o mais recomendado no sentido de construir e definir equações de predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos de corte no Brasil, a partir do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas. Nessa circunstância, testes de identidade dos diferentes modelos gerados e da homogeneidade das variâncias das populações que originaram as diferentes amostras seriam empregados para permitir a análise conjunta dos dados, dando origem a equações que poderiam ser recomendadas de forma mais segura.

Powel & Huffman (1968), avaliando diferentes métodos de predição da composição química da carcaça, relataram que o método desenvolvido por Hankins & Howe (1946) foi o que apresentou maior acurácia na estimação do teor de EE ( $r^2 = 0,94$ ) e de PROT ( $r^2 = 0,96$ ) na carcaça. Crouse & Dikeman (1974) e Schroeder et al. (1987) observaram que as equações desenvolvidas por Hankins & Howe (1946) subestimaram o conteúdo de água e de PROT e superestimaram o de EE da carcaça, sugerindo também a necessidade de ajustamento dessas equações

para diferentes grupamentos genéticos.

Foram desenvolvidas equações de regressão entre a composição química do corpo vazio e a do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, no sentido de possibilitar a estimativa da composição corporal de forma mais rápida e menos trabalhosa, uma vez que as moagens e as análises de todas as outras partes do corpo seriam substituídas pela análise do corte das costelas. As equações de estimativa dos teores de EE,

água, PROT e minerais no corpo vazio (CPVZ) estão descritas na Tabela 7.

Com base nos coeficientes de determinação e nos erros-padrão de estimativa do conjunto de equações, pode-se inferir que as melhores equações, em termos de acurácia e precisão, para estimar o teor de determinado componente no corpo vazio são aquelas que contém como estimador o teor desse mesmo constituinte no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas.

Tabela 7 - Relações entre os componentes químicos do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas e aqueles observados no corpo vazio de novilhos mestiços Nelore

Table 7 - Relationships between chemical components of the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut and the empty body of Nelore crossbred steers

Relações estudadas <i>Studied relationships</i>	Equação de estimação <i>Estimating equation</i>	Erro-padrão <i>Standard error</i>	Coefficiente de determinação <i>Coefficient of determination</i>
Água no corpo vazio, % (Y) <i>Water in the empty body, %</i>			
Água no corte das costelas, % (X) <i>Water in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 6,67 + 0,924 X$	1,482	0,89
Extrato etéreo no corte das costelas, % (X) <i>Ether extract in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, %t (X)</i>	$Y = 68,7 - 0,583 X$	1,603	0,87
Proteína no corte das costelas, % (X) <i>Protein in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 33,3 + 1,41 X$	3,051	0,51
Minerais no corte das costelas (X) <i>Ash in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut (X)</i>	$Y = 39,4 + 2,91 X$	2,962	0,54
Extrato etéreo no corpo vazio, % (Y) <i>Ether extract in the empty body, %</i>			
Água no corte das costelas, % (X) <i>Water in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 85,6 - 1,26 X$	2,362	0,85
Extrato etéreo no corte das costelas, % (X) <i>Ether extract in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, %t (X)</i>	$Y = 0,573 + 0,840 X$	1,572	0,93
Proteína no corte das costelas, % (X) <i>Protein in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 55,4 - 2,24 X$	3,472	0,67
Minerais no corte das costelas (X) <i>Ash in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut (X)</i>	$Y = 44,2 - 4,42 X$	3,608	0,65
Proteína no corpo vazio, % (Y) <i>Protein in the empty body, %</i>			
Água no corte das costelas, % (X) <i>Water in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 3,58 + 0,278 X$	1,308	0,47
Extrato etéreo no corte das costelas, % (X) <i>Ether extract in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, %t (X)</i>	$Y = 22,9 - 0,217 X$	0,9755	0,71
Proteína no corte das costelas, % (X) <i>Protein in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 5,01 + 0,782 X$	0,4755	0,93
Minerais no corte das costelas (X) <i>Ash in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut (X)</i>	$Y = 12,3 + 1,04 X$	1,388	0,41
Minerais no corpo vazio, % (Y) <i>Ash in the empty body, %</i>			
Água no corte das costelas, % (X) <i>Water in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 1,68 + 0,0636 X$	0,5066	0,24
Extrato etéreo no corte das costelas, % (X) <i>Ether extract in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, %t (X)</i>	$Y = 6,05 - 0,0467 X$	0,480	0,32
Proteína no corte das costelas, % (X) <i>Protein in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut, % (X)</i>	$Y = 3,48 + 0,0983 X$	0,5374	0,14
Minerais no corte das costelas (X) <i>Ash in the 9-10-11<sup>th</sup> rib cut (X)</i>	$Y = 2,64 + 0,390 X$	0,3891	0,55

Em relação às porcentagens de EE, PROT e água observadas no corpo vazio, em função destes mesmos constituintes estimados no corpo vazio pelo corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, observou-se que houve bom ajustamento das equações geradas, o mesmo não ocorrendo para o teor de minerais. Analisando-se especificamente o EE, principal componente energético do corpo, a equação obtida confere alto grau de precisão e acurácia, confirmado pelo alto valor do coeficiente de determinação da equação (0,93) e pelo baixo erro-padrão (1,57). Nota-se, na Figura 1, que há uma razoável correspondência entre os valores observados e preditos de extrato etéreo no corpo vazio. Apesar de ser possível detectar visualmente maior dispersão dos dados para os animais que apresentam maiores teores de extrato etéreo na carcaça, o papel preditor da equação não é comprometido. Segundo Mcneil (1983), esse aumento da variação é normal na análise de variáveis que aumentam à medida em que se eleva o peso do animal.

A equação gerada não refletiu grau alto de precisão para o teor de minerais tanto quanto o obtido para os demais constituintes. Vários autores apontaram menor precisão da estimativa do teor de minerais no corpo vazio ou na carcaça a partir da composição de cortes da costela (Hankins & Howe, 1946; Alhassan et al. 1975; Lanna et al., 1995; Henrique et al., 2003). De acordo com Lush (1926), o teor de minerais no corpo vazio deveria ser estimado indiretamente pelas relações dos componentes na matéria desengordurada.

Na literatura nacional, existem informações sobre equações de regressão apresentando altos coeficientes de determinação para os vários constituintes corporais (Peron, et al., 1993; Oliveira, 1998; Ferreira et al., 2001; Vêras et al., 2001). Entretanto, o valor dessas equações para fins de predição corporal é questionável, pois foram geradas a partir dos dados da composição química do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas e do corpo vazio, de modo que a composição da carcaça foi estimada a partir desse corte e das equações propostas por Hankins & Howe (1946). Ou seja, esses pesquisadores não efetuaram a moagem completa da carcaça, mas sim estimaram sua composição física para permitir o cálculo de sua composição química, uma vez que foram realizadas análises químicas dos componentes músculo, gordura e osso obtidos pela dissecação do corte das costelas. Enfim, as equações geradas foram construídas com valores estimados e não observados, o que é questionável.

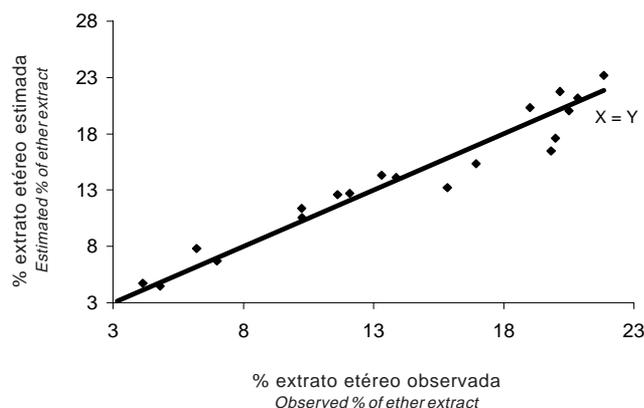


Figura 1 - Relação entre valores observados e estimados de extrato etéreo no corpo vazio.

Figure 1 - Relationship between observed and estimated values of ether extract in the empty body weight.

As equações ajustadas para os teores de extrato etéreo, proteína e água do corpo vazio, em função dos teores desses mesmos constituintes no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, apresentaram elevados coeficientes de determinação e erros-padrão da estimativa reduzidos, permitindo inferir, com alto grau de precisão, que é possível estimar a composição corporal a partir do corte da 9-10-11<sup>a</sup> costelas de animais mestiços Nelore x *Bos taurus* com pesos entre 223,50 e 421,50 kg.

## Conclusões

Utilizando-se as equações de Hankins & Howe (1946), o corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas estimou satisfatoriamente a composição física da carcaça de novilhos mestiços Nelore com peso vivo de 223,50 a 421,50 kg.

Os teores de proteína, água e minerais da carcaça podem ser estimados pelos mesmos teores no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, quando forem utilizadas as equações de Hankins & Howe (1946) para estimar a composição física da carcaça. O extrato etéreo, porém é superestimado por esse método.

A porcentagem de extrato etéreo na carcaça de novilhos mestiços Nelore pode ser estimada pela equação: %EE na carcaça = 2,37643 + 0,655069 \* % de EE no corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas, obtida para os dados avaliados neste estudo.

A composição química do corte das 9-10-11<sup>a</sup> costelas pode ser utilizada para a predição da composição química do corpo vazio de novilhos mestiços Nelore, exceto para o teor de minerais.

### Literatura Citada

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. **The nutrient requirements of ruminants livestock**. London: 1980. 315p.
- ALHASSAN, W.S.; BUCHANAN-SMITH, J.G.; USBORNE, W.R. et al. Predicting empty body composition of cattle from carcass weight and rib cut composition. **Canadian Journal of Animal Science**, v.55, p.369-376, 1975.
- ALLEONI, G.F.; BOIN, C.; LEME, P.R. et al. Avaliação da gravidade específica e de outras medidas corporais e da carcaça para estimar a composição corporal de novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.375-381, 1997.
- AOAC. **Official methods of analysis**. 17.ed. Gaithersburg: AOAC International: 2000.
- BIDNER, T.D.; WYATT, W.E.; HUMES, P.E. et al. Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition, and palatability. **Journal of Animal Science**, v.80, n.9, p.2126-2133, 2002.
- CARVALHO, P.A.; SANCHEZ, L.M.B.; PIRES, C.C. et al. Predição da composição física e química da carcaça a partir da composição das diferentes regiões corporais de bezerros machos de origem leiteira até os 110 dias de vida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.1500-1507, 2003.
- COLE, J.W.; RAMSEY, C.B.; EPLEY, R.H. Simplified method for predicting pounds of lean in beef carcass. **Journal of Animal Science**, v.21, n.2, p.355-361, 1962.
- CROUSE, J.D.; DIKEMAN, M.E. Methods of estimating beef carcass chemical composition. **Journal of Animal Science**, v.38, n.6, p.1190-1196, 1974.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C. et al. Composição corporal e exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso de bovinos F<sub>1</sub> Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.352-360, 1998.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VÉRAS, A.S.C. et al. Predição da composição corporal por intermédio de método indireto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.242-246, 2001.
- GERRITS, W.J.J.; SCHRAMA, J.W.; TAMMINGA, S. et al. Effect of protein and protein-free energy intake on myofibrillar protein degradation in preruminant calves of 120 and 200 kilograms of live weight. **Journal of Animal Science**, v.76, n.5, p.1364-1370, 1998.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts**. Washington: United States Department of Agriculture, 1946. p.1-19 (Technical Bulletin - USDA, 926).
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R.L. et al. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudes a partir da composição química e física das 9-10-11<sup>as</sup> costelas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.709-718, 2003.
- JORGE, A.M.; FONTES, C.A.A.; PAULINO, M.F. et al. Utilização de método indireto para predição da composição química corporal de zebuínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1862-1867, 2000.
- JOSAHKIAN, L.A. Associação Brasileira dos Criadores de Zebu - Uma Empresa de Genética Tropical. In: SIMCORTE - SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. p.21-28.
- KARNUAH, A.B.; MORIYA, K.; NAKANISHI, N. et al. Computer image analysis for prediction of carcass composition from cross-section of Japanese Black steers. **Journal of Animal Science**, v.79, n.11, p.2851-2856, 2001.
- KELLY, R.F.; FONTENOT, J.P.; GRAHAM, P.P. et al. Estimates of carcass composition of beef cattle fed at different planes of nutrition. **Journal of Animal Science**, v.27, n.3, p.620-627, 1968.
- 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.
- LEDGER, H.P.; HUTCHISON, H.G. The value of the tenth rib as a sample joint for the estimation of lean, fat and bone in carcass of East African Zebu cattle. **Journal of Agriculture Science**, v.58, n.1, p.81-88, 1962.
- LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; HENRIQUE, W. Substituição do grão de milho por polpa de citros em dietas com diferentes níveis de concentrado. 2. Taxas de deposição e composição química corporal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.834-839, 2000.
- LUSH, J.L. Practical methods of estimating proportions of fat and bone in cattle slaughtered in commercial packing plants. **Journal of Agriculture Research**, v.32, p.727-755, 1926.
- MCNEIL, M.D. Choice of a prediction equation and the use of the selected equation in subsequent experimentation. **Journal of Animal Science**, v.57, n.5, p.1563-1572, 1983.
- OLIVEIRA, S.R. **Desempenho e características da carcaça de novilhos Nelore não castrados**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1998. 94p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1998.
- PERON, A.J.; FONTES, C.A.A.; LANA, R.P. et al. Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos através de métodos indiretos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p.227-237, 1993.
- POWEL, W.E.; HUFFMAN, D.L. An evaluation of quantitative estimates of beef carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.27, n.6, p.1554-1558, 1968.
- REID, J.T.; WELLINGTON, G.H.; DUNN, H.O. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. **Journal of Animal Science**, v.38, p.1344-1356, 1955.
- STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS - **Institute SAS/STAT software: changes and enhancements through release 6.12**. Cary: 1997. 1167p.
- SCHOONMAKER, J.P.; LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. et al. Effect of an accelerated finishing program on performance, carcass characteristics, and circulating insulin-like growth factor I concentration of early-weaned bulls and steers. **Journal of Animal Science**, v.80, n.4, p.900-910, 2002.
- SCHROEDER, A.L.; BERGEN, W.G.; STACHIW, M.A. et al. Comparison of commonly used methods of estimating beef carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.65, suppl. 1, Abstract 165, p.260-261, 1987.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 165p.
- 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, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 211p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

- SILVA, F.F.; VALADARES FILHO, S.C.; ÍTAVO, L.C.V. et al. Composição corporal e requisitos energéticos e protéicos de bovinos Nelore, não-castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.503-513, 2002 (suplemento).
- SPRINKLE, J.E.; FERREL, C.L.; HOLLOWAY, J.W. et al. Adipose tissue partitioning of limit-fed beef cattle and beef cattle with ad libitum access to feed differing in adaptation to heat. **Journal of Animal Science**, v.76, n.3, p.665-673, 1998.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. Exigências nutricionais de bovinos de corte. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE – “REALIDADE E DESAFIOS”, 3., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: NEPEC. p.43-71.
- VAZ, F.N.; RESTLE, J. Ganho de peso antes e após os sete meses no desenvolvimento e nas características de carcaça e carne de novilhos Charoles abatidos aos dois anos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.699-708, 2003.
- VELOSO, C.M.; VALADARES FILHO, S.C.; GESUALDI JUNIOR, 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1273-1285, 2002.
- VÉRAS, A.S.C., VALADARES FILHO, S.C.V., 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.8, p.2379-2389, 2000.
- VÉRAS, A.S.C., VALADARES FILHO, S.C.V., SILVA, J.F.C. et al. Predição da composição química corporal de bovinos Nelore e F1 Simental x Nelore a partir da composição química da seção Hankins e Howe (seção HH). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.1112-1119, 2001 (suplemento 1).

Recebido em: 16/05/03

Aceito em: 27/12/04