



## Estimação da composição química do corpo vazio de animais Nelore e Caracu a partir das composições química e física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas

Sarah Figueiredo Martins Bonilha<sup>1</sup>, Irineu Umberto Packer<sup>2</sup>, Alexander George Razook<sup>3</sup>, Leopoldo Andrade de Figueiredo<sup>4</sup>, Guilherme Fernando Alleoni<sup>5</sup>, Flávio Dutra de Resende<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Zootecnia, CAPTA Bovinos de Corte/Sertãozinho.

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Instituto de Zootecnia, CAPTA Bovinos de Corte/Sertãozinho. Bolsista do CNPq.

<sup>4</sup> Instituto de Zootecnia, CAPTA Bovinos de Corte/Sertãozinho.

<sup>5</sup> Instituto de Zootecnia, Sede/Nova Odessa.

<sup>6</sup> APTA Regional, PRDTA Alta Mogiana.

**RESUMO** - Foram desenvolvidas equações para estimar a composição química corporal de bovinos de três grupos genéticos (Caracu, CaS; Nelore seleção, NeS; e Nelore controle, NeC) a partir das composições química e física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. Utilizaram-se 56 machos não-castrados (20 CaS, 20 NeS e 16 NeC) abatidos aos 20-24 meses de idade. A composição química em água, proteína, extrato etéreo e minerais foi determinada no corte das costelas e em amostras obtidas após moagem completa e homogeneização de todos os tecidos corporais, separados em sangue, couro, cabeça + patas, vísceras e carcaça. Os componentes físicos músculo, gordura e ossos foram também separados no corte das costelas. As melhores estimativas dos componentes do corpo vazio foram obtidas utilizando-se como estimadores os mesmos componentes no corte das costelas. A utilização dos totais de água e extrato etéreo do corte das costelas permitiu estimar com precisão os totais de água, extrato etéreo e proteína no corpo vazio dos animais. O uso das quantidades de músculo e gordura no corte das costelas possibilitou estimar com eficiência os totais de água, extrato etéreo e proteína no corpo vazio. Para estimação do total de cinzas do corpo vazio, foram encontradas três equações múltiplas (uma para cada grupo genético) com coeficientes de determinação satisfatórios. Essas equações incluíram como estimadores as quantidades de músculo e gordura nas costelas. As composições química e física do corte das costelas possibilitam estimar satisfatoriamente os componentes químicos do corpo vazio dos animais. Equações descritas na literatura permitem estimar com precisão os teores de extrato etéreo e água no corpo vazio dos animais deste estudo.

Palavras-chave: bovinos, composição corporal, corte das costelas, determinação indireta

## Chemical empty body composition estimation of Nelore and Caracu bulls using the chemical and physical compositions of the 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup>-11<sup>th</sup> rib cut

**ABSTRACT** - Linear regressions were developed to estimate the chemical empty body composition of cattle from three genetic groups (Caracu, CaS; Selected Nelore, NeS; and Control Nelore, NeC) using the physical and chemical compositions of the 9<sup>th</sup>-10<sup>th</sup>-11<sup>th</sup> rib section. Fifty six intact males (20 CaS, 20 NeS and 16 NeC) were slaughtered at 20-24 months of age. The content of water, protein, ether extract and ashes were determined in rib section and on samples obtained after grinding and homogenization of all body tissues (blood, hide, head + feet, viscera and carcass). The physical components muscle, fat and bones were also determined in the rib section. The best estimates of empty body components were obtained using the same estimator components as in rib section. The amounts of water and ether extract of the rib section accurately allowed to estimate the total water, ether extract and protein in the empty body of animals. The amounts of muscle and fat in the rib section allowed estimating with efficiency the total of water, ether extract and protein in the empty body of animals. To estimate the empty body total ashes three multiple equations were developed (one for each genetic group) with satisfactory coefficients of determination. These equations included as estimators the amounts of muscle and fat in the rib section. The physical and chemical compositions of the rib section can satisfactorily estimate the chemical components of the empty body of animals. Equations described in the literature can estimate with precision the amounts of ether extract and water in the body empty of animals of this study.

Key Words: body composition, bovines, indirect determination, rib section

## Introdução

O ganho de peso corporal é a mensuração comumente utilizada para avaliar o desempenho e crescimento animal. Contudo, durante o crescimento, ocorrem variações no peso, na composição do ganho de peso, no tamanho dos animais e na proporção dos tecidos depositados. Assim, outras metodologias são necessárias para avaliações mais precisas do desempenho e crescimento animal.

Em avaliações do crescimento de bovinos, uma importante medida complementar ao ganho de peso seria a determinação da composição corporal, que possibilita identificar alterações na composição do crescimento relacionadas ao sexo, ao peso e à raça e determinar a eficiência e as exigências nutricionais das categorias animais. A composição corporal permite ainda avaliar o desempenho dos animais visando à produção de carcaças com maior proporção de músculo e quantidade adequada de gordura.

Os componentes do corpo do animal variam durante o crescimento. Fatores como idade, peso, espécie, raça, condição sexual e nível de ingestão de energia influenciam essas variações e conduzem a diferenças nas necessidades nutricionais dos animais. Portanto, é fundamental que métodos rápidos e econômicos para estimação da composição do corpo vazio dos animais estejam disponíveis.

Alguns métodos já foram desenvolvidos para estimação indireta da composição corporal, entre eles, a gravidade específica (Alhassan et al., 1975), a composição de cortes (Alhassan et al., 1975), a composição da seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas (Hankins & Howe, 1946), a ultra-sonografia (Berg et al., 1997), as provas de refletância óptica (Berg et al., 1997) e outros métodos eletrônicos. Em razão das várias limitações operacionais e financeiras, os métodos mais utilizados são o da gravidade específica e o da composição do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

A técnica para estimação da composição química da carcaça proposta por Hankins & Howe (1946) é amplamente utilizada e precisa. Entretanto, as equações devem ser geradas para populações específicas e devem incluir as diferenças entre sexos (Hankins & Howe, 1946), raças (Alhassan et al., 1975) e grupos genéticos (Lanna et al., 1995).

Este trabalho foi realizado com os objetivos de estabelecer equações para estimar a composição química corporal de animais Nelore seleção, Nelore controle e Caracu, considerando as composições química e física do corte da 9<sup>a</sup> - 10<sup>a</sup> - 11<sup>a</sup> costelas, e avaliar os resultados de equações disponíveis na literatura nacional neste banco de dados.

## Material e Métodos

Como animais experimentais, utilizaram-se 56 machos não-castrados, pertencentes ao Instituto de Zootecnia, retirados da 19<sup>a</sup> progênie (animais nascidos em 1999) dos rebanhos Nelore seleção e Caracu, submetidos à seleção com base em altos diferenciais de seleção no peso aos 378 dias de idade (P378), e do rebanho Nelore controle, selecionados com base em diferenciais de seleção nulos em P378. O peso vivo inicial médio dos animais Caracu foi 419 kg, o dos animais Nelore seleção, 384 kg e dos Nelore controle, 330 kg. Os animais foram distribuídos em três grupos: abate inicial, alimentação restrita e alimentação à vontade. No grupo para abate inicial, foram alocados quatro animais por grupo genético e, nos grupos com alimentação restrita e alimentação à vontade, foram alocados oito animais Nelore seleção e seis Nelore controle.

O confinamento foi realizado no Polo Regional de Alta Mogiana, em Colina, São Paulo. No início do experimento, os animais foram pesados, após jejum completo de 18 horas, avaliados quanto à condição corporal, via ultra-sonografia, e ao escore corporal, identificados e tratados contra endo e ectoparasitas. O período de adaptação, no qual os animais foram alimentados à vontade com a ração fornecida no período experimental, teve duração de 28 dias. Após a adaptação, os animais do grupo abate inicial foram abatidos e aqueles dos grupos com alimentação restrita e alimentação à vontade foram submetidos ao ensaio de alimentação. As pesagens e as medidas de ultra-sonografia e escore corporal foram repetidas a cada 28 dias.

A dieta, com relação volumoso:concentrado de 50:50, foi formulada com silagem de milho, milho moído, farelo de algodão, uréia, monensina e mistura mineral e fornecida em duas refeições diárias, às 7 e 16 h, em quantidade reajustada semanalmente com base no consumo de matéria seca e nas porcentagens de matéria seca do volumoso e do concentrado. O consumo de alimento foi controlado diariamente, procurando-se manter as sobras em torno de 5% do oferecido aos animais. Amostras dos alimentos e das sobras foram coletadas semanalmente para formação de amostras compostas a cada quatro semanas, para análise bromatológica. Maiores detalhes sobre a composição da dieta foram descritos por Gesualdi Jr. et al. (2005).

Os animais foram divididos em pares. Dentro de cada par, sortearam-se dois regimes alimentares: alimentação à vontade; e alimentação restrita, com fornecimento de 65 g MS/kg de peso metabólico, para suprir as exigências de manutenção. Em cada grupo genético, quando um animal com

alimentação à vontade atingia o acabamento de 4 mm de espessura de gordura subcutânea, avaliada por ultrasonografia, sobre o músculo *Longissimus dorsi*, na posição entre a 12<sup>a</sup> e a 13<sup>a</sup> costela, era abatido juntamente com seu par, submetido a alimentação restrita.

Os animais foram abatidos com idade média de 22 meses e com pesos vivos médios de 526,8 kg (Nelore seleção com alimentação à vontade), 456,8 kg (Nelore seleção com alimentação restrita), 445,0 kg (Nelore controle com alimentação à vontade), 406,0 kg (Nelore controle com alimentação restrita), 562,5 kg (Caracu com alimentação à vontade) e 486,5 kg (Caracu com alimentação restrita).

O abate foi realizado no Frigorífico Minerva, em Barretos, São Paulo, conforme procedimentos normais de um frigorífico sob inspeção federal. Os animais foram insensibilizados com auxílio de pistola de pressão e, em seguida, foram submetidos a sangria, por meio de secção na veia jugular. Todo o sangue foi coletado para pesagem e amostragem. A cabeça foi separada após a retirada do couro e das patas e todos esses tecidos foram devidamente pesados. Foram também retirados e pesados o fígado, o aparelho gastrointestinal (retículo, rúmen, omaso, abomaso e intestinos) livre do conteúdo digestivo e os demais órgãos (traquéia, pulmões, pâncreas, esôfago, mesentério, coração, baço, fígado, rins, cauda e aparelho reprodutivo). A gordura renal-pélvica-inguinal foi também separada da carcaça e pesada.

O peso de corpo vazio foi determinado pela soma dos pesos de carcaça, sangue, cabeça, couro, patas, cauda, órgãos, gordura renal-pélvica-inguinal e vísceras vazias e limpas. A composição corporal foi determinada de forma direta, considerando a composição química das metades esquerdas de couro, cabeça, patas e carcaça e a totalidade do sangue, do aparelho gastrointestinal, dos demais órgãos e da gordura.

Depois de congelados, os componentes foram reduzidos a pedaços menores com auxílio de serra de fita, procurando-se evitar perdas de tecido. Em seguida, os componentes foram moídos diversas vezes em moedor de carne Herman P-33A, com motor de 15 HP, até serem reduzidos a estado pastoso, quando foram retiradas quatro amostras de 50 g de cada um dos componentes. Esse processamento foi realizado no Laboratório de Classificação e Análise de Carcaças do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, São Paulo. Da meia-carcaça esquerda resfriada por 24 horas a 2°C, foi retirado o corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, conforme metodologia de Hankins & Howe (1946), que foi pesado e separado em músculo, gordura e ossos. Esses componentes foram pesados separadamente para determinação da

composição física do corte e, posteriormente, foram homogêneos, moídos em conjunto e amostrados para análises químicas.

A umidade foi determinada pela liofilização das amostras, por aproximadamente 80 horas, até atingirem peso constante. Em seguida, as amostras foram reduzidas a pedaços menores e moídas em liquificador com gelo seco.

O teor de extrato etéreo foi determinado por extração com éter dietílico, em aparelho tipo Soxhlet, com recipientes de 350 mL e balões de 500 mL durante 15 horas, utilizando-se quatro amostras de aproximadamente 2 g, embaladas em papel-filtro. O total de extrato etéreo foi calculado pela perda de matéria seca da amostra e o teor de cinzas, pela queima da amostra em mufla a 600°C por 4 horas. O teor de proteína bruta foi calculado como a diferença entre o peso total da amostra e as quantidades de água, extrato etéreo e matéria mineral.

Equações de regressão linear foram determinadas para estimar a composição química do corpo vazio a partir das composições química e física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. Nesses modelos, as variáveis medidas na costela foram consideradas co-variáveis. Análises preliminares comprovaram ausência de interação ( $P>0,05$ ) grupo genético  $\times$  regime alimentar, portanto, foram considerados somente efeitos de grupo genético, co-variável e interação grupo genético  $\times$  co-variável, para testar a homogeneidade das regressões. No caso de regressões homogêneas, isto é, quando a interação grupo genético  $\times$  co-variável foi não-significativa ( $P>0,05$ ), obteve-se uma única equação para todos os grupos genéticos. Caso contrário, foi calculada uma equação para cada grupo genético. Os dados foram analisados pelo PROC GLM do SAS (1999).

As informações de composição química do corpo vazio observadas foram comparadas às previstas por equações com altos coeficientes de determinação encontradas na literatura (Alleoni et al., 1997; Vêras, et al., 2001; Henrique et al., 2003; Paulino et al., 2005; Galati et al., 2007). As equações [1] a [19] utilizadas nas predições foram:

- Alleoni et al. (1997):

$$ACVZ = 70,470 - 0,473 GC \quad (r^2 = 0,91; EP = 1,168) \quad [1]$$

$$EECVZ = 4,255 + 0,618 GC \quad (r^2 = 0,94; EP = 1,298) \quad [2]$$

$$PCVZ_1 = 13,620 + 8,257 OC + 0,174 PCQ \quad (r^2 = 0,84; EP = 3,368) \quad [3]$$

- Vêras et al. (2001):

$$EECVZ = 3,2123 + 0,7658 EEC \quad (r^2 = 0,93) \quad [4]$$

$$PCVZ = 5,7436 + 0,7411 PC \quad (r^2 = 0,49) \quad [5]$$

$$CCVZ = 0,6181 + 0,5934 CC \quad (r^2 = 0,89) \quad [6]$$

- Henrique et al. (2003):

$$\text{ACVZ} = -6,4839 + 1,1221 \text{AC} \quad (r^2=0,95; \text{EP}=0,97) \quad [7]$$

$$\text{EECVZ} = 84,2600 - 1,1570 \text{AC} \quad (r^2=0,92; \text{EP}=1,33) \quad [8]$$

$$\text{CCVZ} = 5,8036 - 0,0716 \text{GC} \quad (r^2=0,72; \text{EP}=0,24) \quad [9]$$

- Paulino et al. (2005):

$$\text{ACVZ} = 6,67 + 0,924 \text{AC} \quad (r^2=0,89; \text{EP}=1,482) \quad [10]$$

$$\text{EECVZ} = 0,573 + 0,840 \text{EEC} \quad (r^2=0,93; \text{EP}=1,572) \quad [11]$$

$$\text{PCVZ} = 5,01 + 0,782 \text{PC} \quad (r^2=0,93; \text{EP}=0,4775) \quad [12]$$

$$\text{CCVZ} = 2,64 + 0,390 \text{CC} \quad (r^2=0,55; \text{EP}=0,3891) \quad [13]$$

- Galati et al. (2007):

$$\text{ACVZ} = -1,7442 + 1,0349 \text{AC} \quad (r^2=0,98; \text{EP}=0,46) \quad [14]$$

$$\text{EECVZ} = 1,5294 + 0,9662 \text{EEC} \quad (r^2=0,95; \text{EP}=1,18) \quad [15]$$

$$\text{PCVZ} = 25,8510 - 0,3255 \text{EEC} \quad (r^2=0,75; \text{EP}=0,97) \quad [16]$$

$$\text{CCVZ} = 0,7619 + 0,5915 \text{CC} \quad (r^2=0,88; \text{EP}=0,17) \quad [17]$$

em que: ACVZ = água no corpo vazio, %; EECVZ = extrato etéreo no corpo vazio, %; PCVZ = proteína no corpo vazio, %; PCVZ<sub>1</sub> = proteína no corpo vazio, kg; CCVZ = cinzas no corpo vazio, %; AC = água no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, %; EEC = extrato etéreo no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, %; PC = proteína no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, %; CC = cinzas no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, %; GC = gordura separável no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, %; OC = ossos separáveis no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, kg; PCQ = peso da carcaça quente, kg; r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; EP = erro-padrão da estimativa.

## Resultados e Discussão

A média de peso do corpo vazio (412 kg) encontrada neste estudo foi superior às descritas por Leme et al. (1994), Alleoni et al. (1997) e Henrique et al. (2003), que encontraram, respectivamente, 327, 354 e 322 kg (Tabela 1). A superioridade em peso do corpo vazio foi confirmada também pelo peso médio da carcaça quente, de 266 kg. Alleoni et al. (1997), em pesquisa com animais Nelore de 20 a 30 meses de idade, obtiveram pesos de carcaça quente de, em média, 233 kg. Henrique et al. (2003), no entanto, estudando animais Santa Gertrudes com média de 13 meses de idade, encontraram 200 kg de média de peso de carcaça quente.

O constituinte químico que apresentou maior amplitude foi o extrato etéreo, tanto no corpo vazio como no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, provavelmente em virtude dos três níveis alimentares adotados. Tendências semelhantes foram observadas por Alleoni et al. (1997), Leme et al. (2000), Henrique et al. (2003) e Galati et al. (2007), independente-

Tabela 1 - Variáveis medidas no corpo vazio e no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas

Variável	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
Peso do corpo vazio, kg	412	78	217	562
Peso da carcaça quente, kg	266	52	134	369
Corpo vazio				
Proteína, %	18,96	1,58	14,88	21,83
Extrato etéreo, %	16,31	4,82	6,61	23,67
Cinzas, %	4,26	0,66	3,03	5,95
Água, %	60,17	3,45	53,91	67,81
9 <sup>a</sup> -10 <sup>a</sup> -11 <sup>a</sup> costelas				
Proteína, %	12,92	3,92	5,82	20,75
Extrato etéreo, %	20,67	7,16	8,21	33,53
Cinzas, %	10,91	1,29	7,99	14,09
Água, %	55,51	3,99	47,62	62,59
Músculos, %	54,43	4,98	44,19	64,65
Gordura, %	26,45	6,43	13,52	38,27
Ossos, %	18,69	3,43	13,44	28,60

mente do grupo genético, da faixa etária ou da condição sexual estudados.

Os desvios-padrão encontrados para os constituintes químicos do corpo vazio e do corte das costelas foram semelhantes àqueles reportados por Henrique et al. (2003) e Galati et al. (2007).

Foram desenvolvidas equações de regressão para obtenção da composição química do corpo vazio de bovinos com base na composição química do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. Essas equações possibilitam a estimação da composição química corporal de forma menos onerosa, mais rápida e menos trabalhosa, uma vez que a moagem e as análises químicas de todos os componentes corporais seriam substituídas apenas pela moagem e análise do corte das costelas.

Todas as relações estudadas entre os componentes químicos do corpo vazio e a composição química do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas foram homogêneas, isto é, a interação entre os componentes químicos do corte das costelas e os grupos genéticos não foi significativa ( $P > 0,05$ ) (Tabela 2). Assim, foram geradas equações gerais envolvendo os três grupos genéticos estudados.

Com base nos coeficientes de determinação e nos erros-padrão das estimativas, pode-se inferir que as equações mais precisas e acuradas para a estimação dos totais de extrato etéreo e água no corpo vazio dos animais estudados foram as que apresentaram como variáveis independentes os totais desses mesmos componentes no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

Tabela 2 - Equações lineares simples entre a composição química do corpo vazio e a composição química do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas de bovinos Caracu, Nelore controle e Nelore seleção

Relação	Equação	r <sup>2</sup>	EP
Extrato etéreo no corpo vazio, kg (Y)			
Extrato etéreo no CC <sup>1</sup> , kg (X)	$\hat{Y} = 12,3637 + 59,2843 X$	0,90	8,72
Proteína no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 75,1763 - 10,5761 X$	0,10	27,7
Cinzas no CC, kg (X)	$\hat{Y} = -10,5089 + 161,6554 X$	0,66	16,3
Água no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 1,7021 + 27,0538 X$	0,36	22,3
Proteína no corpo vazio, kg (Y)			
Extrato etéreo no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 64,2710 + 14,1002 X$	0,17	13,8
Proteína no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 47,5798 + 53,0988 X$	0,48	10,9
Cinzas no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 38,8549 + 78,9808 X$	0,53	10,4
Água no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 20,8446 + 22,8333 X$	0,87	5,73
Cinzas no corpo vazio, kg (Y)			
Extrato etéreo no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 12,4267 + 5,4096 X$	0,29	3,75
Proteína no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 13,2654 + 7,6378 X$	0,11	4,19
Cinzas no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 6,7696 + 21,9945 X$	0,47	3,24
Água no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 5,0072 + 5,0540 X$	0,48	3,20
Água no corpo vazio, kg (Y)			
Extrato etéreo no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 202,8401 + 45,3631 X$	0,23	36,7
Proteína no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 169,0099 + 135,8954 X$	0,41	32,1
Cinzas no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 135,7746 + 224,2634 X$	0,55	27,9
Água no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 88,3898 + 63,3284 X$	0,86	15,8

<sup>1</sup> CC = corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas obtido conforme metodologia descrita por Hankins & Howe (1946).

No caso da predição da quantidade de proteína no corpo vazio dos animais, a equação que incluiu como estimador o total de água no corte das costelas foi a melhor, em precisão e acurácia, pois apresentou maior coeficiente de determinação (0,87) e menor erro-padrão da estimativa (5,73). Este fato possivelmente está relacionado à estreita relação entre proteína e água, uma vez que ambos são componentes significativos do tecido muscular e são inversamente proporcionais aos teores de gordura na carcaça dos animais.

A quantidade de cinzas no corpo vazio dos animais não foi estimada com precisão por nenhum dos componentes químicos do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. Entre todas as equações geradas, a que apresentou maior r<sup>2</sup> (0,48) e menor erro-padrão da estimativa (3,20) foi a que incluiu o total de água no corte das costelas como estimador. Resultados semelhantes foram encontrados por Paulino et al. (2005).

As interações entre componentes físicos do corte das costelas e grupos genéticos foram testadas, sendo não-significativas (P>0,05). Assim, foram geradas equações de regressão linear simples envolvendo todos os grupos genéticos estudados (Tabela 3)

Entre as equações que relacionam os componentes químicos do corpo vazio e a composição física do corte da

9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, as melhores, com base em maiores r<sup>2</sup> e menores erros-padrão das estimativas, foram aquelas que apresentaram como estimadores os componentes relacionados ao constituinte estimado, isto é, quantidade de gordura no corte das costelas como estimador de extrato etéreo e quantidade de músculos como estimador de proteína e água no corpo vazio dos animais.

Assim, a equação mais precisa para estimação do total de extrato etéreo no corpo vazio dos animais foi  $Y = 0,7735 + 56,0843 X$ , em que o estimador X é a quantidade de gordura no corte das costelas. Essa equação apresenta alto r<sup>2</sup> (0,93) e o menor erro-padrão da estimativa (7,58).

Alhassan et al. (1975) e Alleoni et al. (1997) obtiveram, respectivamente, r<sup>2</sup> 0,85 e 0,94 em equações para estimação da porcentagem de extrato etéreo no corpo vazio dos animais em relação à quantidade de gordura separável no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

Para determinação da quantidade de proteína no corpo vazio, a equação que apresentou maior r<sup>2</sup> (0,86) e menor erro-padrão da estimativa (5,66) foi aquela obtida em relação à quantidade de músculos no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. As duas melhores equações lineares simples verificadas para a estimação do total de proteína no corpo vazio dos

Tabela 3 - Equações lineares simples entre a composição química do corpo vazio e a composição física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas de bovinos Caracu, Nelore controle e Nelore seleção

Relação	Equação	r <sup>2</sup>	EP
Extrato etéreo no corpo vazio, kg (Y)			
Músculo no CC <sup>1</sup> , kg (X)	$\hat{Y} = 11,4431 + 23,4823 X$	0,32	23,0
Gordura no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 0,7735 + 56,0843 X$	0,93	7,58
Ossos no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 16,7569 + 64,0891 X$	0,11	26,2
Proteína no corpo vazio, kg (Y)			
Músculo no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 26,1175 + 21,0185 X$	0,86	5,66
Gordura no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 56,9101 + 17,1151 X$	0,29	12,7
Ossos no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 9,1488 + 83,9339 X$	0,63	9,22
Cinzas no corpo vazio, kg (Y)			
Músculo no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 6,9332 + 4,3435 X$	0,42	3,39
Gordura no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 10,2580 + 6,0288 X$	0,42	3,41
Ossos no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 2,1151 + 18,9492 X$	0,37	3,54
Água no corpo vazio, kg (Y)			
Músculo no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 102,9781 + 58,3098 X$	0,86	15,6
Gordura no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 182,3804 + 52,4203 X$	0,36	33,6
Ossos no CC, kg (X)	$\hat{Y} = 65,5350 + 221,0715 X$	0,57	27,6

<sup>1</sup> CC = corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas obtido conforme metodologia descrita por Hankins & Howe (1946).

animais foram as que incluíram como estimadores a quantidade de água ( $\hat{Y} = 20,8446 + 22,8333 X$ ,  $r^2 = 0,87$  e EP = 5,73) e a quantidade de músculos ( $\hat{Y} = 26,1175 + 21,0185 X$ ,  $r^2 = 0,86$  e EP = 5,66) no corte das costelas.

Henrique et al. (2003) não descreveram equações precisas para predição de porcentagens de proteína no corpo vazio de animais Santa Gertrudes com 9 a 15 meses de idade a partir do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, uma vez que os  $r^2$  obtidos não foram elevados (o maior foi 0,10). Lanna et al. (1995) encontraram  $r^2$  de 0,43 para a estimativa das porcentagens de proteína no corpo vazio de animais Nelore. Vêras et al. (2001), em pesquisa com animais Nelore e F1 Simental x Nelore, também não obtiveram boa precisão nas equações ( $r^2 = 0,49$ ) para predição da porcentagem de proteína no corpo vazio. Peron et al. (1993), Jorge et al. (2000) e Ferreira et al. (2001), no entanto, encontraram equações precisas para a estimativa da porcentagem de proteína no corpo vazio, com  $r^2$  de 0,93; 0,84; e 0,97, respectivamente.

A quantidade de água no corpo vazio dos animais pôde ser estimada por equações em função da quantidade de água no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas ( $\hat{Y} = 88,3898 + 63,3284 X$ ) e da quantidade de músculos obtida na separação física do corte das costelas ( $\hat{Y} = 102,9781 + 58,3098 X$ ). Ambas equações foram significativas e apresentaram o mesmo  $r^2$  (0,86) e erros-padrão da estimativa muito semelhantes (15,8 e 15,6, respectivamente).

Em animais Nelore, para estimar a porcentagem de água no corpo vazio, Lanna et al. (1995) recomendaram a equação obtida considerando a porcentagem de extrato etéreo no corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. Henrique et al. (2003), avaliando animais Santa Gertrudes, obtiveram equações para estimar a porcentagem de água no corpo vazio em relação à porcentagem de proteína e à quantidade de músculos obtida na separação física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, com  $r^2$  de 0,70 e 0,78, respectivamente.

O total de cinzas no corpo vazio dos animais foi estimado, porém com baixa precisão, por equações de regressão linear simples, usando como estimadores os componentes químicos e físicos do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas. Todas as relações obtidas apresentaram baixos  $r^2$ .

Visando obter equações mais confiáveis para a predição do total de cinzas no corpo vazio dos animais, os dados de composição do corpo vazio e do corte das costelas foram expressos em porcentagem, em porcentagem da matéria seca, em porcentagem da matéria desengordurada e em porcentagem da matéria seca desengordurada. Outras importantes equações de regressão linear foram encontradas para estimar a composição química do corpo vazio a partir dos componentes químicos e físicos do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas (Tabela 4). Para algumas relações analisadas, a interação entre os efeitos principais componentes do corte das costelas e os grupos genéticos foi significativa ( $P < 0,05$ ), o que determinou a obtenção de uma equação

para cada grupo genético. Nas outras relações, a interação foi não-significativa ( $P > 0,05$ ), por isso, foram geradas equações gerais envolvendo todos os grupos genéticos estudados.

A regressão linear múltipla envolvendo as quantidades de músculo e ossos separáveis no corte das costelas foi a única que poderia ser recomendada para a predição do total de cinzas no corpo vazio dos animais, pois apresentou satisfatórios  $r^2$  (0,79) e erro-padrão da estimativa (2,28). Foram determinadas equações separadas para cada grupo genético, pois a interação entre componentes físicos do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas e grupos genéticos foi significativa ( $P = 0,0007$ ).

Alleoni et al. (1997) e Henrique et al. (2003) não encontraram, respectivamente, equações que estimassem com precisão a quantidade e o teor de cinzas no corpo vazio de novilhos Nelore e Santa Gertrudes. Vêras et al. (2001), também em pesquisa com animais Nelore, descreveram a

equação  $Y = 0,6181 + 0,5934 X$ ,  $r^2 = 0,89$ , em que  $Y$  = porcentagem de cinzas no corpo vazio; e  $X$  = porcentagem de cinzas no corte das costelas. O  $r^2$  da equação encontrado neste trabalho foi inferior (0,79) para a estimação do total de cinzas no corpo vazio em relação às quantidades de músculo e gordura no corte das costelas.

Lanna et al. (1995) e Henrique et al. (2003) verificaram  $r^2$  para as equações de predição da composição química do corpo vazio considerando os constituintes químicos do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas melhores que os encontrados em equações que incluíram como estimadores os componentes físicos do corte das costelas.

Neste estudo, as equações calculadas usando como variáveis independentes os constituintes químicos ou físicos do corte das costelas foram semelhantes, em precisão e acurácia. O uso da composição física das costelas como estimador em equações de predição da composição química

Tabela 4 - Equações, coeficientes de determinação e erros-padrão de regressões lineares das composições química e física do corpo vazio obtidas a partir das composições química e física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas de bovinos Caracu, Nelore controle e Nelore seleção

Grupo genético	Equação	$r^2$	EP
Extrato etéreo no corpo vazio, % (Y)			
Nelore seleção	$\hat{Y} = -2,6602 + 0,8640 \% \text{EECos}^{(1)}$	0,91	1,49
Nelore controle	$\hat{Y} = 1,8911 + 0,6606 \% \text{EECos}$	0,91	1,49
Caracu	$\hat{Y} = 3,8846 + 0,6588 \% \text{EECos}$	0,91	1,49
Todos	$\hat{Y} = -2,1711 + 0,6988 \% \text{GoCos}^{(2)}$	0,87	1,75
Extrato etéreo na matéria seca do corpo vazio, % (Y)			
Nelore seleção	$\hat{Y} = -7,3402 + 0,9906 \% \text{EE\_MSCos}^{(3)}$	0,93	2,53
Nelore controle	$\hat{Y} = 4,8815 + 0,7445 \% \text{EE\_MSCos}$	0,93	2,53
Caracu	$\hat{Y} = 10,2346 + 0,7075 \% \text{EE\_MSCos}$	0,93	2,53
Proteína no corpo vazio, % (Y)			
Nelore seleção	$\hat{Y} = -76,2963 + 1,5584 \% \text{MuCos}^{(4)} + 5,6743 \% \text{OsCos}^{(5)}$	0,70	0,98
Nelore controle	$\hat{Y} = 14,3991 - 0,0077 \% \text{MuCos} - 0,1298 \% \text{OsCos}$	0,70	0,98
Caracu	$\hat{Y} = 13,1247 + 0,0556 \% \text{MuCos} - 0,2634 \% \text{OsCos}$	0,70	0,98
Proteína na matéria seca do corpo vazio, % (Y)			
Todos	$\hat{Y} = 31,0631 + 0,5702 \% \text{P\_MSCos}^{(6)}$	0,75	3,75
Cinzas no corpo vazio, kg (Y)			
Nelore seleção	$\hat{Y} = 14,7349 - 1,3855 \text{ MuCos}^{(7)} - 1,0732 \text{ GoCos}^{(8)}$	0,79	2,28
Nelore controle	$\hat{Y} = 0,8206 + 4,6094 \text{ MuCos} + 4,2337 \text{ GoCos}$	0,79	2,28
Caracu	$\hat{Y} = -22,9994 + 12,6242 \text{ MuCos} + 40,3125 \text{ GoCos}$	0,79	2,28

<sup>1</sup> %EECos = porcentagem de extrato etéreo na seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

<sup>2</sup> %GoCos = porcentagem de gordura separável na seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

<sup>3</sup> %EE\_MSCos = porcentagem de extrato etéreo na matéria seca da seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

<sup>4</sup> %MuCos = porcentagem de músculo separável na seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

<sup>5</sup> %OsCos = porcentagem de ossos separáveis na seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

<sup>6</sup> %P\_MSCos = porcentagem de proteína na matéria seca da seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas.

<sup>7</sup> MuCos = músculo separável na seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, kg.

<sup>8</sup> OsCos = ossos separáveis na seção da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas, kg.

corporal pode ser uma alternativa importante, pois gerou equações com precisão semelhante àquelas geradas pela composição química das costelas e é de determinação mais simples, porém trabalhosa, que não depende de laboratórios, reagentes e equipamentos.

Karnuah et al. (2001) demonstraram que a precisão de uma equação de predição reduz quando a equação é aplicada para estimar a composição do corpo vazio de animais pertencentes a outra população ou a outros grupos genéticos. Assim, para verificar o comportamento de equações reportadas na literatura na população deste estudo, regressões entre componentes químicos observados no corpo vazio e os preditos por estas equações foram calculadas. Analla (1998) demonstrou que o  $r^2$  das regressões não explica sozinho a aplicabilidade de um modelo de predição, pois mede apenas a precisão e não a acurácia do modelo. Esse autor recomenda a análise do quadrado médio do erro dos modelos de predição avaliados (Tabela 5).

Os  $r^2$  encontrados (acima de 0,80) indicaram que as equações [2] de Alleoni et al. (1997), [4] de Véras et al. (2001), [8] de Henrique et al. (2003), [11] de Paulino et al. (2005) e [15] de Galati et al. (2007) estimaram com boa precisão a

porcentagem de extrato etéreo no corpo vazio dos animais avaliados neste estudo. Os quadrados médios do erro dos modelos para predição do extrato etéreo no corpo vazio apresentados por Alleoni et al. (1997), Véras et al. (2001), Paulino et al. (2005) e Galati et al. (2007) foram semelhantes e o quadrado médio do erro do modelo apresentado por Henrique et al. (2003), superior aos demais.

O teor de água no corpo vazio também foi satisfatoriamente predito ( $r^2$  acima de 0,70) pelas equações [1] de Alleoni et al. (1997), [7] de Henrique et al. (2003), [10] de Paulino et al. (2005) e [14] de Galati et al. (2007). A equação [1] apresentou o menor quadrado médio do erro e  $r^2$  0,88 superior aos encontrados para as equações de predição dos totais de água no corpo vazio determinadas neste estudo (0,86).

Entre todas as equações avaliadas, a única que estimou com precisão a proteína no corpo vazio foi a equação [3], de Alleoni et al. (1997), que apresentou  $r^2$  0,89, porém com alto quadrado médio do erro. As outras equações avaliadas não seriam adequadas para a predição da proteína no corpo vazio, pois apresentaram  $r^2$  abaixo de 0,65.

As equações avaliadas não estimaram com precisão os teores de cinzas no corpo vazio dos animais deste estudo.

Tabela 5 - Coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e quadrado médio do erro (QME) de regressões entre os componentes químicos observados no corpo vazio e os preditos por equações constantes na literatura

	Galati et al. (2007)		Paulino et al. (2005)		Henrique et al. (2003)		Véras et al. (2001)		Alleoni et al. (1997)	
	$r^2$	QME	$r^2$	QME	$r^2$	QME	$r^2$	QME	$r^2$	QME
ACVZ	0,78	3,63	0,78	3,63	0,78	3,63	-	-	0,88	2,28
EECVZ	0,93	2,22	0,93	2,21	0,82	5,64	0,93	2,21	0,93	2,50
PCVZ	0,65	1,25	0,63	1,36	-	-	0,63	1,40	-	-
CCVZ	0,10	0,41	0,10	0,41	0,38	0,39	0,10	0,41	-	-
PCVZ <sup>1</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,89	18,57

ACVZ = água no corpo vazio, %; EECVZ = extrato etéreo no corpo vazio, %; PCVZ = proteína no corpo vazio, %; PCVZ<sub>1</sub> = proteína no corpo vazio, kg; CCVZ = cinzas no corpo vazio, %.

## Conclusões

As composições química e física do corte da 9<sup>a</sup>-10<sup>a</sup>-11<sup>a</sup> costelas possibilitaram estimar com precisão os totais de água, extrato etéreo e proteína no corpo vazio de animais Caracu, Nelore seleção e Nelore controle. O total de cinzas no corpo vazio pôde ser estimado satisfatoriamente pelas quantidades de músculo e gordura no corte das costelas, no entanto, foi necessária uma equação para cada grupo genético. As equações desenvolvidas podem ser utilizadas com precisão em animais semelhantes aos deste estudo, mas devem ser previamente avaliadas para a utilização em outras populações. Os teores de extrato etéreo e água no corpo

vazio foram estimados com precisão por equações encontradas na literatura.

## Literatura Citada

- ALLEONI, G.F.; BOIN, C.; LEME, P.R. et al. Avaliação da composição química e física dos cortes da costela para estimar a composição química corporal de novilhos Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.2, p.382-390, 1997.
- 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.
- ANALLA, M. Model validation through the linear regression fit to actual versus predicted values. **Agricultural Systems**, v.57, n.1, p.115-119, 1998.

- BERG, E.P.; NEARY, M.K.; FORREST, J.C. et al. Evaluation of electronic technology to assess lamb carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.75, n.9, p.2433-2444, 1997.
- FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VERAS, 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.
- GALATI, R.L.; EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, O.G.C. et al. Equações de predição da composição química corporal a partir do corte da 9-10-11ª costelas de bovinos castrados Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.480-488, 2007.
- GESUALDI JR., A.; QUEIROZ, A.C.; RESENDE, F.D. et al. Validação dos sistemas VIÇOSA, CNCPS e NRC para formulação de dietas para bovinos Nelore e Caracu, não-castrados, selecionados em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.997-1005, 2005.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts**. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, 1946. p.1-20. (Technical Bulletin – USDA, 926).
- HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A.A.M.; LEME, P.R. et al. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudes a partir da composição química e física das 9-10-11ª 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.
- 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.
- 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.
- 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.23, n.3, p.441-452, 1994.
- LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; HENRIQUE, W. et al. 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.
- PAULINO, P.V.R.; COSTA, M.A.L.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.327-339, 2005.
- PERON, A.J.; FONTES, C.A.; LANA, R.P. et al. Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos através de métodos indiretos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.2, p.227-237, 1993.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS online doc**: version 8. Cary: SAS Institute, 1999. (CD-ROM).
- VÉRAS, A.S.C.; VALADARES FILHO, S.C.; 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.