

Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos de corte

Flávia Adriane de Sales Silva, Letícia Artuzo Godoi, Luiz Fernando Costa e Silva, Breno de Castro Silva, Marcos Inácio Marcondes, Mário Fonseca Paulino, Pedro del Bianco Benedeti, Mario Luiz Chizzotti, Sebastião de Campos Valadares Filho

INTRODUÇÃO

As exigências nutricionais de bovinos dependem do conhecimento da composição corporal dos animais. Os métodos utilizados para predição da composição corporal podem ser classificados em diretos e indiretos. Os métodos diretos consistem na separação e dissecação de todos os componentes do corpo e posterior quantificação de seus componentes físicos e químicos. Assim, os experimentos conduzidos utilizando os métodos diretos são extremamente trabalhosos, demorados e caros devido à perda de pelo menos metade da carcaça, bem como o grande número de pessoas e análises laboratoriais envolvidas. No entanto, métodos indiretos preveem a composição corporal a partir de parâmetros simples sem a necessidade de dissecação da carcaça.

Vários métodos indiretos foram desenvolvidos. Um método utilizado para estimar os conteúdos de água e extrato etéreo (EE) corporal a partir da gravidade específica foi desenvolvido por Kraybill et al. (1952) e, durante a década de 1990, foi utilizado por pesquisadores no Brasil (Gonçalves et al., 1991; Peron et al., 1993; Lanna et al., 1995; Alleoni et al., 1997). Entretanto, este método não resultou em estimativas adequadas para animais criados nas condições brasileiras (Lanna et al., 1995; Alleoni et al., 1997). Outras técnicas, tais como antipirina, água tritiada, N-acetil-amino-antipirina (Panaretto e Till, 1963), diluição de ureia (Preston e Kock, 1973) e ^{40}K (Clark et al., 1976) não foram amplamente utilizadas no Brasil devido à complexidade, alto custo e falta de equipamentos e/ou experiência. Nesse contexto, o método mais utilizado no Brasil é o inicialmente proposto Hankins e Howe (1946), cujas equações foram desenvolvidas para estimar a composição da carcaça e do corpo vazio com base na composição da seção entre a 9ª e a 11ª costelas. Esta técnica é amplamente difundida devido à facilidade de uso, custo reduzido e rapidez do processo. Vários trabalhos relataram resultados positivos quando

esta técnica foi utilizada (Silva, 2001; Henrique et al., 2003; Paulino et al., 2005a).

USO DA SEÇÃO COMPREENDIDA ENTRE A 9ª E 11ª COSTELAS

Estudos durante a década de 1920 (Trowbridge e Haigh, 1921; Trowbridge e Haigh, 1922; Moulton, 1923; Lush, 1926) avaliaram diversos cortes de carcaça para estimar sua composição física e concluíram que a região da costela apresentava a melhor relação com a composição da carcaça. Assim, Hankins e Howe (1946) avaliaram o uso de diferentes cortes de carcaça para prever a composição física e química da carcaça de bovinos, bem como desenvolveram uma técnica para obter uma amostra de carcaça compreendida entre a 9ª e a 11ª costelas (seção HH; Figura 5.1).

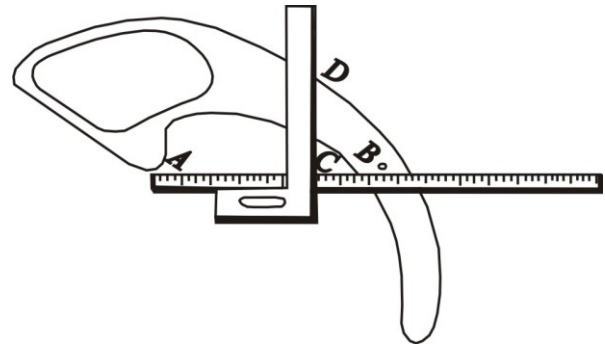


Figura 5.1 - Método desenvolvido por Hankins e Howe (1946) para coleta da seção entre a 9ª e 11ª costelas. A seção da costela pode ser obtida na carcaça suspensa pelos forames transversos localizados na pelve do animal. Primeiramente, é feito um corte dividindo a seção entre a 9ª e a 11ª costelas. Em seguida, mede-se a distância entre a vertebra (ponto A) e a cartilagem ou “último ponto” da costela (ponto B) e calcula-se 61,5% dessa distância (ponto C). Por fim, uma linha perpendicular é traçada e a separação é feita onde essa linha cruza a circunferência externa (ponto D).

COMPOSIÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA CARÇAÇA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CORPO VAZIO

Equações de predição da composição física e química da carcaça foram propostas pela primeira vez por Hankins e Howe (1946)

a partir de um banco de dados composto por machos castrados e fêmeas *Bos taurus taurus*. Assim, foram definidas equações para cada sexo e uma equação geral (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Equações de predição da composição física e química da carcaça a partir da composição do corte compreendido entre a 9ª e 11ª costelas propostas por Hankins e Howe (1946)

Item	Classe sexual	Equação ¹
Composição física da carcaça		
Gordura, %	Geral	$\% G_{\text{carc}} = 3,06 + 0,82 \times \% G_{\text{HH}}$
	Machos castrados	$\% G_{\text{carc}} = 3,54 + 0,80 \times \% G_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% G_{\text{carc}} = 3,14 + 0,83 \times \% G_{\text{HH}}$
Músculo, %	Geral	$\% M_{\text{carc}} = 15,56 + 0,81 \times \% M_{\text{HH}}$
	Machos castrados	$\% M_{\text{carc}} = 16,08 + 0,80 \times \% M_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% M_{\text{carc}} = 16,09 + 0,79 \times \% M_{\text{HH}}$
Ossos, %	Geral	$\% O_{\text{carc}} = 4,30 + 0,61 \times \% O_{\text{HH}}$
	Machos castrados	$\% O_{\text{carc}} = 5,52 + 0,57 \times \% O_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% O_{\text{carc}} = 6,88 + 0,44 \times \% O_{\text{HH}}$
Composição química da carcaça		
Extrato etéreo, %	Geral	$\% EE_{\text{carc}} = 2,82 + 0,77 \times \% EE_{\text{HH}}$
	Machos castrados	$\% EE_{\text{carc}} = 3,49 + 0,74 \times \% EE_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% EE_{\text{carc}} = 2,73 + 0,78 \times \% EE_{\text{HH}}$
Proteína bruta, %	Geral	$\% PB_{\text{carc}} = 5,98 + 0,66 \times \% PB_{\text{HH}}$
	Machos castrados	$\% PB_{\text{carc}} = 6,19 + 0,65 \times \% PB_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% PB_{\text{carc}} = 5,64 + 0,69 \times \% PB_{\text{HH}}$
Água, %	Geral	$\% A_{\text{carc}} = 14,90 + 0,78 \times \% A_{\text{HH}}$
	Machos castrados	$\% A_{\text{carc}} = 16,83 + 0,75 \times \% A_{\text{HH}}$
	Fêmeas	$\% A_{\text{carc}} = 14,28 + 0,78 \times \% A_{\text{HH}}$

¹G_{carc} = gordura na carcaça; G_{HH} = gordura na seção HH; M_{carc} = músculo na carcaça; M_{HH} = músculo na seção HH; O_{carc} = osso na carcaça; O_{HH} = osso na seção HH; EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça; EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça; PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; A_{carc} = água na carcaça; A_{HH} = água na seção HH.

As equações propostas por Hankins e Howe (1946) têm sido amplamente utilizadas devido à facilidade de obtenção da seção HH. Alguns estudos (Cole et al., 1962; Powell e Huffman, 1973; Crouse e Dikeman, 1974; Nour e Thonney, 1994) avaliaram essas equações, porém, apresentaram resultados distintos. Essas diferenças podem estar relacionadas ao fato de que as equações de predição da composição química foram estimadas a partir do tecido mole (*soft tissue*) e a composição dos ossos não foi levada em consideração.

Alguns pesquisadores tentaram prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos de corte a partir da composição química da seção HH completa (Peron et al., 1993; Jorge et al., 2000; Ferreira

et al., 2001; Vêras et al., 2001). Neste caso, amostras de tecido muscular, adiposo e ósseo provenientes da dissecação da seção HH foram analisadas quimicamente e utilizadas para estimar a composição química da carcaça. No entanto, a composição física da carcaça foi estimada a partir das equações propostas por Hankins e Howe (1946). Assim, a composição química da carcaça foi estimada a partir da composição química da seção HH, enquanto a composição do corpo vazio foi determinada pela soma das composições da carcaça e dos componentes não-carcaça. Como a carcaça é o principal componente quantitativo do corpo vazio, a maioria desses estudos concluiu que a composição química do corpo vazio poderia ser estimada a partir da composição química da

seção HH. Contudo, outros estudos (Silva, 2001; Paulino et al., 2005a; Costa e Silva et al., 2013) relataram que essa premissa poderia não estar correta, principalmente em relação ao conteúdo de EE na carcaça. Assim, houve um esforço considerável para estabelecer equações preditivas da composição da carcaça e do corpo vazio de bovinos de corte mais precisas nas edições anteriores desta publicação.

Equações para prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos zebuínos a partir da composição da seção HH foram desenvolvidas na primeira edição do BR-CORTE (BR-CORTE, 2006). Para isso, foi utilizado um banco de dados composto pela composição química de 66 animais oriundos de dois estudos (Paulino, 2002; Paulino, 2006; Tabela 5.2).

Tabela 5.2 - Equações baseadas na composição da seção da 9ª a 11ª costela para estimar a composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos zebuínos, adaptada de BR-CORTE (2006)

Item	Equação ¹	Erro padrão	R ²
Composição química da carcaça			
Extrato etéreo	$\% EE_{\text{carc}} = 4,96 + 0,54 \times \% EE_{\text{HH}}$	2,22	0,80
Proteína	$\% PB_{\text{carc}} = 4,05 + 0,78 \times \% PB_{\text{HH}}$	1,00	0,72
Cinzas	$\% CZ_{\text{carc}} = 2,88 + 0,50 \times \% CZ_{\text{HH}}$	0,66	0,40
Água	$\% A_{\text{carc}} = 34,97 + 0,45 \times \% A_{\text{HH}}$	1,94	0,66
Composição química do corpo vazio			
Extrato etéreo	$\% EE_{\text{CVZ}} = 4,56 + 0,60 \times \% EE_{\text{HH}}$	2,37	0,81
Proteína	$\% PB_{\text{CVZ}} = 4,96 + 0,76 \times \% PB_{\text{HH}}$	0,90	0,75
Cinzas	$\% CZ_{\text{CVZ}} = 2,54 + 0,39 \times \% CZ_{\text{HH}}$	0,47	0,45
Água	$\% A_{\text{CVZ}} = 31,42 + 0,51 \times \% A_{\text{HH}}$	1,94	0,71

¹EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça; CZ_{carc} = cinzas na carcaça; A_{carc} = água na carcaça; EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; CZ_{HH} = cinzas na seção HH; A_{HH} = água na seção HH; EE_{CVZ} = extrato etéreo no corpo vazio; PB_{CVZ} = proteína bruta no corpo vazio; CZ_{CVZ} = cinzas no corpo vazio; A_{CVZ} = água no corpo vazio.

Marcondes et al. (2010; 2012) desenvolveram equações para estimar as composições química e física da carcaça e do corpo vazio usando a composição da 9ª a 11ª costelas e outras variáveis de zebuínos puros (Nelore) e cruzados (Nelore × Angus ou Nelore × Simental) (Tabelas 5.3 e 5.4), as quais foram previamente descritas na segunda edição do BR-CORTE (BR-CORTE, 2010). O banco de dados continha a composição corporal de 247 machos não castrados, machos castrados e fêmeas oriundas de seis experimentos conduzidos em confinamento.

Segundo Marcondes et al. (2012), o uso de variáveis adicionais nos modelos, bem como a consideração do efeito de grupo genético e sexo, proporcionaram melhores estimativas das composições de carcaça e corpo vazio. Vale ressaltar que a proporção de gordura visceral (GV; composta pela gordura mesentérica, renal, pélvica e cardíaca) foi significativa para estimação da

maioria dos constituintes da carcaça e do corpo vazio.

O desenvolvimento e a composição corporal, principalmente o teor de gordura, variam de acordo com diversos fatores, como nível de alimentação, grupo genético e sexo. Embora o nível de alimentação influencie a composição corporal e o crescimento (Prior et al., 1977; Ferrell et al., 1978; Nour et al., 1981; Williams et al., 1983; Nour e Thonney, 1987), sua inclusão em equações de predição é difícil, bem como essa informação nem sempre está disponível. Segundo Butterfield (1966), a GV é correlacionada com o metabolismo animal e é relativamente constante mesmo durante os desafios nutricionais. Portanto, ela provavelmente representaria melhor o conteúdo de gordura corporal. Assim, a inclusão de GV pode ser importante para a aplicabilidade das equações.

Tabela 5.3 - Equações de predição da composição física e química da carcaça e química do corpo vazio de zebuínos puros e cruzados, adaptada de Marcondes et al. (2010; 2012)

Variável	GG/Classe sexual ¹	Equação ²	R ²	RSME ³
Composição física da carcaça				
Gordura*	-	% G _{CARC} = a + 0,30 × % G _{HH} + b × % GV	0,79	3,01
Músculo	Nelore	% M _{CARC} = 57,33 + 0,20 × % M _{HH} - 1,39 × % GV	0,51	2,97
	Nelore × Simental	% M _{CARC} = 60,96 + 0,12 × % M _{HH} - 1,39 × % GV		
Osso	Nelore	% O _{CARC} = 29,26 + 0,30 × % O _{HH} - 0,21 × RC - 0,95 × % GV	0,77	1,43
	Nelore × Simental	% O _{CARC} = 29,26 + 0,30 × % O _{HH} - 0,21 × RC - 1,01 × % GV		
Composição química da carcaça				
EE	-	% EE _{CARC} = 4,31 + 0,31 × % EE _{HH} + 1,37 × % GV	0,83	2,13
PB	-	% PB _{CARC} = 17,92 + 0,60 × % PB _{HH} - 0,17 × RC	0,50	1,26
Água	Nelore	% A _{CARC} = 48,74 + 0,28 × % A _{HH} - 0,017 × PCVZ	0,67	2,27
	Nelore × Angus	% A _{CARC} = 38,06 + 0,48 × % A _{HH} - 0,017 × PCVZ		
	Nelore × Simental	% A _{CARC} = 46,69 + 0,32 × % A _{HH} - 0,017 × PCVZ		
Composição química do corpo vazio				
EE	Machos não castrados	% EE _{CVZ} = 2,75 + 0,33 × % EE _{HH} + 1,80 × % GV	0,89	1,97
	Machos castrados**	% EE _{CVZ} = 1,84 + 0,33 × % EE _{HH} + 1,91 × % GV		
PB	Fêmeas	% EE _{CVZ} = 4,77 + 0,33 × % EE _{HH} + 1,28 × % GV	0,59	1,03
	-	% PB _{CVZ} = 10,78 + 0,47 × % PB _{HH} - 0,21 × % GV		
Água	Machos não castrados	% A _{CVZ} = 38,31 + 0,33 × % A _{HH} - 1,09 × % GV + 0,50 × % OV	0,82	1,96
	Machos castrados**	% A _{CVZ} = 45,67 + 0,25 × % A _{HH} - 1,89 × % GV + 0,50 × % OV		
	Fêmeas	% A _{CVZ} = 31,61 + 0,47 × % A _{HH} - 1,06 × % GV + 0,50 × % OV		

¹GG = grupo genético; ²G_{carc} = gordura na carcaça (%); G_{HH} = gordura na seção HH (%); M_{carc} = músculo na carcaça (%); M_{HH} = músculo na seção HH (%); O_{carc} = osso na carcaça (%); O_{HH} = osso na seção HH (%); EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça (%); EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH (%); EE_{PCVZ} = extrato etéreo no corpo vazio (%); %GV = porcentagem de gordura visceral no corpo vazio; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça (%), PB_{HH} = proteína bruta na seção HH (%); RC = rendimento de carcaça; PB_{PCVZ} = proteína bruta no corpo vazio (%); A_{carc} = água na carcaça (%); A_{HH} = água na seção HH (%); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); A_{PCVZ} = água no corpo vazio (%); %OV = porcentagem de órgãos e vísceras no corpo vazio; ³RQME = raiz do quadrado médio do erro de predição.

*Houve efeito de classe sexual para o intercepto, enquanto houve interação entre classe sexual e raça para o coeficiente relacionado à GV e o desmembramento dessa interação pode ser visualizado na Tabela 5.4.

**As novas equações para machos castrados Nelore x Angus estão apresentadas na seção "Avaliação das equações propostas por Hankins e Howe (1946), BR-CORTE (2006) e BR-CORTE (2010)".

Tabela 5.4 - Desmembramento do efeito de classe sexual sobre o intercepto e da interação entre classe sexual e grupo genético sobre o coeficiente relacionado à gordura visceral (GV)

Classe sexual	Grupo genético	Intercepto	Coefficiente relacionado a GV
Machos não castrados	Nelore	0,689	1,177
	Nelore × Angus		1,198
Machos castrados	Nelore	5,259	0,379
	Nelore × Angus		0,430
	Nelore × Simental		0,740
Fêmeas	Nelore	0,471	1,532
	Nelore × Angus		1,981
	Nelore × Simental		2,338

AVALIAÇÃO DAS EQUAÇÕES PROPOSTAS POR HANKINS E HOWE (1946), BR-CORTE (2006) E BR-CORTE (2010)

Composição corporal de zebuínos puros (machos não castrados) e cruzados (machos não castrados e castrados)

Após a publicação das equações pelo BR-CORTE (2010), diversos trabalhos foram

desenvolvidos com o intuito de verificar a efetividade dessas equações em estimar corretamente a composição corporal de zebuínos e cruzados. Com esse intuito, Costa e Silva et al. (2013) concluíram que as equações propostas por Marcondes et al. (2012) estimam adequadamente a composição física da carcaça de machos Nelore não castrados. Semelhantemente, Fonseca et al. (2014) concluíram que as equações propostas por

Marcondes et al. (2012) estimaram adequadamente os tecidos muscular e adiposo de machos F1 Nelore × Angus não castrados e castrados. No entanto, Costa e Silva et al. (2013) não recomendaram nenhuma das equações propostas por Hankins e Howe (1946) para prever a composição física da carcaça, enquanto Fonseca et al. (2014) relataram que nenhuma das equações propostas por Hankins e Howe (1946) ou Marcondes et al. (2012) estimaram corretamente o conteúdo de ossos de bovinos F1 Nelore × Angus.

Além disso, alguns estudos iniciais realizados no Brasil concluíram que as equações desenvolvidas por Hankins e Howe (1946) não foram totalmente aplicáveis para estimar a composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos puros (*Bos taurus indicus*) e cruzados (*Bos taurus indicus* × *Bos taurus taurus*) (Lana et al., 1995; Silva, 2001; Paulino et al., 2005b).

Nesse sentido, Costa e Silva et al. (2013) e Fonseca et al. (2014) avaliaram se as equações propostas por Hankins e Howe (1946), BR-CORTE (2006) e Marcondes et al. (2012) estimavam corretamente a composição química da carcaça e do corpo vazio de zebuínos puros e cruzados. Costa e Silva et al. (2013) não recomendaram o uso das equações propostas pelo BR-CORTE (2006) ou Hankins e Howe (1946) para prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de machos Nelore não castrados, enquanto relataram que as equações propostas por Marcondes et al. (2012) apresentaram estimativas precisas.

Fonseca et al. (2014), utilizando dados de machos F1 Nelore × Angus não castrados e castrados, verificaram que as equações propostas por Marcondes et al. (2012) apresentaram as melhores estimativas da composição química da carcaça e do corpo vazio, exceto para o teor de água no corpo vazio. Como a água é calculada por diferença, esse componente é suscetível ao acúmulo de erros de outras análises (Costa e Silva et al., 2013).

Fonseca et al. (2014) também observaram que o conteúdo de EE no corpo vazio foi corretamente estimado pelas equações de Marcondes et al. (2012) quando machos não castrados e castrados foram analisados

separadamente. Avaliações adicionais realizadas por esses autores mostraram que a equação não requer nenhum ajuste para prever o conteúdo de EE no corpo vazio de machos não castrados, enquanto uma reparametrização com machos castrados com maior deposição de gordura melhoraria as previsões do conteúdo de EE no corpo vazio para tais animais.

Como as equações propostas por Marcondes et al. (2012) não foram suficientemente ajustadas para estimar os teores de EE e água no corpo vazio de machos castrados (Fonseca et al., 2014), novas equações para prever os teores de EE e água nesses animais foram desenvolvidas e avaliadas na última edição desta publicação (BR-CORTE, 2016). Para isso, um novo banco de dados foi construído utilizando dados de Marcondes et al. (2012) e Fonseca et al. (2014) para estimar o teor de EE, enquanto a nova equação para previsão do teor de água foi derivada dos mesmos dados utilizados por Marcondes et al. (2012). Assim, as estimativas dos teores de EE e água no corpo vazio de machos castrados foram reajustadas usando o procedimento *cross validation* (Duchesne and MacGregor, 2001). Vinte por cento dos dados de cada estudo foram separados aleatoriamente para validação da equação de EE, enquanto um experimento independente foi utilizado para validação da equação de água. As equações propostas e validadas podem ser vistas abaixo:

$$\% EE_{CVZ} = 2,797 + 0,289 \times \% EE_{HH} + 2,056 \times \% GV$$

$$(R^2 = 0,84; RSME = 2,51),$$

onde EE_{CVZ} = conteúdo de extrato etéreo no corpo vazio, EE_{HH} = conteúdo de extrato etéreo na seção entre a 9ª e 11ª costelas e GV = gordura visceral (gordura mesentérica, renal, pélvica e cardíaca).

$$\% ACVZ = 30,77 + 0,48 \times \% A_{HH} - 1,07 \times \% GV + 0,50 \times \% OV$$

$$(R^2 = 0,88; RSME = 2,42)$$

Onde $ACVZ$ = conteúdo de água no corpo vazio, A_{HH} = conteúdo de água na seção entre a 9ª e 11ª costelas, GV = gordura visceral (gordura mesentérica, renal, pélvica e cardíaca) e OV = conteúdo de órgãos e vísceras no corpo vazio.

A inclusão de novas variáveis preditivas como GV e órgãos e vísceras (OV) melhorou as estimativas da composição química da carcaça

e do corpo vazio de zebuínos puros (machos não castrados) e cruzados (machos não castrados e castrados). Assim, as equações para predição da composição da carcaça e corpo vazio recomendadas na terceira edição do BR-CORTE (BR-CORTE, 2016) foram mantidas na edição atual. O uso dessas equações permite evitar a dissecação completa da meia-carcaça e diminuir os custos e mão de obra envolvidos nos estudos de exigências nutricionais de bovinos de corte (Costa e Silva et al., 2013).

Composição corporal de zebuínos (machos castrados e fêmeas)

A qualidade do ajuste das equações sugeridas por Hankins e Howe (1946), BR-CORTE (2006) e BR-CORTE (2010) para predizer a composição química da carcaça e corpo vazio de machos castrados e fêmeas Zebu foi avaliada na última edição desta publicação (BR-CORTE, 2016). Para isso, foram utilizadas informações individuais de 32 fêmeas e 18 machos Nelore castrados oriundos do estudo Costa e Silva (2015) (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 - Descrição dos dados utilizados para avaliar as equações de composição corporal de machos castrados ($n = 18$) e fêmeas ($n = 32$) Nelore

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Machos castrados				
Peso de corpo vazio, kg	168	39,5	260	109
Peso da carcaça, kg	101	24,5	160	65,4
Orgão + vísceras, % PCVZ	14,1	1,56	17,5	11,7
GV ² , % PCVZ	3,02	0,93	4,63	1,73
Extrato etéreo no PCVZ, %	9,83	1,60	12,7	7,52
Proteína bruta no PCVZ, %	18,7	0,78	20,0	17,0
Água no PCVZ, %	67,7	1,16	69,6	65,5
Extrato etéreo na carcaça, %	10,6	1,55	13,4	7,55
Proteína bruta na carcaça, %	18,5	0,94	20,3	16,9
Água na carcaça, %	66,2	1,61	68,8	62,0
Extrato etéreo na seção HH, %	12,2	2,69	17,4	6,06
Proteína bruta na seção HH, %	18,9	1,77	21,8	15,8
Água na seção HH, %	64,1	1,52	65,8	58,8
Fêmeas				
Peso de corpo vazio, kg	190	40,4	266	104
Peso da carcaça, kg	116	24,8	162	62,6
Orgão + vísceras, % PCVZ	14,8	0,99	16,81	13,1
GV ² , % PCVZ	3,93	0,88	5,83	1,65
Extrato etéreo no PCVZ, %	13,1	2,38	18,9	7,45
Proteína bruta no PCVZ, %	18,5	0,75	20,4	17,1
Água no PCVZ, %	64,9	2,49	70,0	60,4
Extrato etéreo na carcaça, %	13,0	2,36	18,1	8,23
Proteína bruta na carcaça, %	18,5	0,90	21,3	16,6
Água na carcaça, %	64,3	2,59	69,0	59,5
Extrato etéreo na seção HH, %	15,2	2,91	20,4	9,12
Proteína bruta na seção HH, %	17,5	1,52	20,1	14,3
Água na seção HH, %	62,7	1,73	67,1	59,9

¹DP = desvio padrão; ²GV = gordura mesentérica, renal, pélvica e cardíaca.

Resumidamente, todas as equações estimaram corretamente o teor de proteína bruta (PB) na carcaça, enquanto apenas as equações recomendadas pelo BR-CORTE (2010) estimaram corretamente os teores de EE e água na

carcaça de machos castrados e fêmeas Nelore (Tabela 5.6).

Além disso, as equações propostas no BR-CORTE (2010) estimaram com exatidão e precisão todos os componentes químicos no corpo vazio avaliados, enquanto as equações

descritas no BR-CORTE (2006) apresentaram inconsistências no intercepto e/ou inclinação da regressão linear (Tabela 5.7). Portanto, as equações de predição das composições química da carcaça e do corpo vazio de machos castrados

e fêmeas Zebu descritas pela primeira vez na segunda edição do BR-CORTE (BR-CORTE, 2010) foram recomendadas na última edição desta publicação e mantidas na edição atual.

Tabela 5.6 - Médias (kg) e estatística descritiva da relação entre os valores observados e preditos da composição química da carcaça de machos castrados e fêmeas Nelore em crescimento

Item	Proteína bruta				Extrato etéreo				Água			
	Obs ¹	HH	V06	V10	Obs	HH	V06	V10	Obs	HH	V06	V10
Média	19,9	19,3	19,4	19,7	14,0	15,7	14,2	15,5	71,1	70,0	69,6	69,4
Desvio-padrão	4,36	3,79	3,75	3,78	5,61	5,47	4,57	5,41	14,9	15,43	15,6	15,0
Máximo	28,7	27,4	27,5	28,1	29,4	25,0	22,1	27,8	104	103	101	99,3
Mínimo	11,9	11,8	11,8	12,0	4,94	6,19	6,28	5,93	42,9	41,7	40,8	41,2
r	-	0,94	0,92	0,95	-	0,92	0,93	0,94	-	0,99	0,99	0,99
CCC ²	-	0,92	0,90	0,94	-	0,87	0,91	0,90	-	0,99	0,98	0,98
Regressão												
Intercepto												
Estimativa	-	-0,96	-0,92	-1,75	-	-0,84	-2,29	-1,09	-	4,25	5,26	2,67
Erro padrão	-	1,17	1,33	1,05	-	0,97	0,96	0,86	-	1,47	1,39	1,43
P valor ³	-	0,42	0,49	0,10	-	0,39	0,02	0,21	-	0,006	0,0004	0,07
Inclinação												
Estimativa	-	1,08	1,07	1,10	-	0,94	1,14	0,97	-	0,96	0,95	0,99
Erro padrão	-	0,06	0,07	0,05	-	0,06	0,06	0,05	-	0,02	0,02	0,02
P valor ⁴	-	0,19	0,29	0,07	-	0,32	0,03	0,58	-	0,04	0,008	0,49
EPM ⁵	-	2,67	3,11	1,88	-	8,02	4,54	6,19	-	6,41	7,26	7,09
Vício médio	-	0,34	0,23	0,03	-	3,11	0,07	2,38	-	1,33	2,29	2,88
Erro sistemático	-	0,09	0,07	0,13	-	0,10	0,42	0,02	-	0,46	0,69	0,04
Erro aleatório	-	2,24	2,80	1,71	-	4,81	4,05	3,79	-	4,62	4,27	4,17

¹Obs – valores observados; HH – valores preditos pelo método do Hankins and Howe (1946); V06 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2006); V10 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2010). ²CCC – coeficiente de correlação e concordância; ³H₀: β₀=0. ⁴H₀: β₁=1. ⁵EPM = erro padrão da média.

Tabela 5.7 - Médias (kg) e estatística descritiva da relação entre os valores observados e preditos da composição química do corpo vazio de machos castrados e fêmeas Nelore em crescimento

Item	Proteína bruta			Extrato etéreo			Água		
	Obs ¹	V06	V10	Obs	V06	V10	Obs	V06	V10
Média	33,7	33,7	33,4	22,1	24,0	25,2	117	113	113
Desvio-padrão	6,10	5,49	5,50	8,73	7,80	9,06	23,1	23,8	23,2
Máximo	46,8	45,9	45,7	41,6	37,5	42,6	171	165	158
Mínimo	19,9	20,3	20,2	7,77	10,4	8,93	72,9	68,4	70,1
r	-	0,95	0,97	-	0,94	0,96	-	0,99	0,98
CCC ²	-	0,94	0,96	-	0,91	0,91	-	0,98	0,97
Regressão									
Intercepto									
Estimativa	-	-1,79	-2,24	-	-3,14	-1,34	-	8,25	6,69
Erro padrão	-	1,94	1,47	-	1,41	1,02	-	2,19	3,38
P valor ³	-	0,36	0,14	-	0,03	0,19	-	0,001	0,053
Inclinação									
Estimativa	-	1,05	1,08	-	1,05	0,93	-	0,96	0,98
Erro padrão	-	0,06	0,04	-	0,06	0,04	-	0,02	0,03
P valor ⁴	-	0,35	0,09	-	0,36	0,06	-	0,06	0,40
EPM ⁵	-	3,79	2,43	-	12,6	16,0	-	26,8	35,7
Vício médio	-	0,0002	0,08	-	3,65	10,1	-	17,1	15,0
Erro sistemático	-	0,08	0,17	-	0,16	0,42	-	0,74	0,33
Erro aleatório	-	3,70	2,17	-	8,75	5,44	-	9,04	20,4

¹Obs – valores observados; V06 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2006); V10 – valores preditos pelo método de Valadares Filho et al. (2010). ²CCC – coeficiente de correlação e concordância; ³H₀: β₀=0. ⁴H₀: β₁=1. ⁵EPM = erro padrão da média.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARÇAÇA E DO CORPO VAZIO DE CRUZADOS DE LEITE

As equações para predição da composição química da carcaça e corpo vazio descritas na primeira (BR-CORTE, 2006) e na segunda (BR-CORTE, 2010) edições dessa publicação foram obtidas de um banco de dados composto por animais Zebu (principalmente Nelore) e Zebu e cruzados de corte (Nelore × *Bos taurus taurus*), respectivamente.

Prados (2012), avaliando a adequação dessas equações para predizer a composição corporal de bovinos cruzados de leite ($\frac{1}{4}$ Holandês × $\frac{3}{4}$ Zebu), verificou que o teor de PB no corpo vazio foi estimado adequadamente pela equação do BR-CORTE (2010), já as equações propostas pelo BR-CORTE (2006) estimaram corretamente os teores de EE e água no corpo vazio. Semelhantemente, Neves (2013) observou que as equações propostas por Hankins e Howe (1946) estimaram com precisão o teor de PB na carcaça e os teores de PB e água no corpo vazio

de machos Holandês × Zebu não castrados. Além disso, este autor concluiu que as equações propostas pelo BR-CORTE (2010) não foram adequadas para estimar a composição química da carcaça e do corpo vazio de machos Holandês × Zebu não castrados.

A presença da raça Holandesa no genótipo dos animais utilizados nos referidos estudos, pode ter resultado em um padrão de crescimento e conformação diferente quando comparado a raças selecionadas para produção de carne e seus mestiços. Assim, as equações de predição das composições de carcaça e corpo vazio apresentaram qualidade de ajuste reduzida.

Nesse contexto, novas equações preditivas da composição corporal de bovinos cruzados de leite foram propostas na última edição desta publicação (BR-CORTE, 2016). Para isso, foi utilizado um banco de dados com informações individuais de 80 machos não castrados, 56 machos castrados e 44 fêmeas oriundos de cinco experimentos (Prados, 2012; Neves, 2013; Zanetti, 2014; Rodrigues, 2014; Silva, 2015) (Tabela 5.8).

Tabela 5.8 - Descrição dos dados usados para gerar as equações de predição da composição corporal de bovinos Cruzados de leite a partir da composição do corte entre a 9ª e 11ª costelas

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Peso de corpo vazio, kg	311	82,5	529	118
Peso de carcaça, kg	188	51,8	345	68,3
Peso de componentes não carcaça, kg	117	29,4	224	50,0
Peso de órgãos e vísceras, kg	59,3	21,0	124	20,9
Peso de gordura visceral, kg	16,4	7,59	46,2	2,25
Proteína bruta na seção HH, %	17,2	2,22	25,5	8,70
Extrato etéreo na seção HH, %	19,8	6,54	36,5	3,01
Matéria mineral na seção HH, %	5,24	2,36	10,9	0,68
Água na seção HH, %	57,4	6,13	74,3	42,3
Proteína bruta na carcaça, %	17,3	1,96	21,7	12,1
Extrato etéreo na carcaça, %	16,5	4,24	30,6	7,47
Matéria mineral na carcaça, %	4,43	1,27	7,90	1,60
Água na carcaça, %	61,7	3,45	69,6	54,6
Proteína bruta no corpo vazio, %	17,8	1,63	21,5	14,7
Extrato etéreo no corpo vazio, %	16,1	4,27	28,0	4,84
Matéria mineral no corpo vazio, %	3,90	1,11	6,47	1,51
Água no corpo vazio, %	62,0	3,75	71,8	52,7

¹DP = desvio padrão.

Utilizando o procedimento *cross validation* (Duchesne e MacGregor, 2001), o efeito do animal foi considerado nas análises estatísticas que permitiram a geração de uma

única equação para cada componente avaliado (PB, EE e água). As equações desenvolvidas estão descritas na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Equações de predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos Holandês × Zebu

Item	Equações ¹	R ²
Composição química da carcaça		
Extrato etéreo	$\% EE_{CARC} = 4,54 + 0,48 \times \% EE_{HH} + 0,12 \times \% OV$	0,66
Proteína bruta	$\% PB_{CARC} = 18,38 + 0,16 \times \% PB_{HH} - 0,20 \times \% OV$	0,53
Água	$\% A_{CARC} = 55,67 + 0,21 \times \% A_{HH} - 0,021 \times PCVZ$	0,40
Composição química do corpo vazio		
Extrato etéreo	$\% EE_{CVZ} = 3,53 + 0,34 \times \% EE_{HH} + 0,80 \times \% GV + 0,10 \times \% OV$	0,73
Proteína bruta	$\% PB_{CVZ} = 19,92 + 0,086 \times \% PB_{HH} - 0,19 \times \% OV$	0,58
Água	$\% A_{CVZ} = 53,02 + 0,17 \times \% A_{HH} - 1,28 \times \% GV + 0,27 \times \% OV$	0,47

¹EE_{carc} = extrato etéreo na carcaça; EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; OV = porcentagem de órgãos e vísceras no corpo vazio; PB_{carc} = proteína bruta na carcaça; GV = porcentagem de gordura visceral no corpo vazio; PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; A_{carc} = água na carcaça; A_{HH} = água na seção HH; PCVZ = peso de corpo vazio; EE_{cvz} = extrato etéreo no corpo vazio; PB_{cvz} = proteína bruta no corpo vazio; A_{cvz} = água no corpo vazio.

Silva et al. (2021), avaliaram as equações desenvolvidas por Hankins e Howe (1946) e BR-CORTE (2016) para prever a composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos cruzados de leite, utilizando um banco de dados independente composto por 33 machos Holandês × Zebu castrados. Resumidamente, os teores de PB e EE da carcaça e todos os componentes químicos do corpo vazio foram estimados de forma acurada e precisa pelas equações propostas pelo BR-CORTE (2016). No entanto, o teor de água na carcaça foi melhor estimado pela equação de Hankins e Howe (1946). As equações do BR-CORTE (2016) foram desenvolvidas usando um banco de dados composto por animais Holandês × Zebu, o que resultou na melhor qualidade de ajuste para os conteúdos de PB e EE da carcaça e

na estimativa correta dos componentes químicos do corpo vazio. Portanto, as equações sugeridas no BR-CORTE (2016) podem ser utilizadas para prever os teores de PB e EE na carcaça, bem como todos os componentes químicos no corpo vazio de machos Holandês × Zebu castrados.

PREDIÇÃO DA COMPOSIÇÃO MINERAL DO CORPO

As equações recomendadas na segunda edição do BR-CORTE (2010) para predição da composição mineral do corpo vazio foram baseadas no estudo de Marcondes et al. (2009), no qual a composição mineral (cálcio, fósforo, sódio, potássio e magnésio) da seção entre a 9^a e 11^a costelas foi utilizada como variável preditiva (Tabela 5.10).

Tabela 5.10 - Equações de predição da composição de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) no corpo vazio de bovinos de corte a partir da composição mineral da seção entre a 9^a e 11^a costelas (adaptada de Marcondes et al., 2009)

Item	Equação ¹	r ²
Cálcio	$\% Ca_{CVZ} = 0,7334 + 0,5029 \times \% Ca_{HH}$	0,71
Fósforo	$\% P_{CVZ} = 0,3822 + 0,4241 \times \% P_{HH}$	0,70
Magnésio	$\% Mg_{CVZ} = 0,0096 + 0,6260 \times \% Mg_{HH}$	0,73
Sódio	$\% Na_{CVZ} = 0,1111 + 0,2886 \times \% Na_{HH}$	0,31
Potássio	$\% K_{CVZ} = 0,0357 + 0,6732 \times \% K_{HH}$	0,60

¹Ca_{cvz} = cálcio no corpo vazio; Ca_{HH} = cálcio na seção HH; P_{cvz} = fósforo no corpo vazio; P_{HH} = fósforo na seção HH; Mg_{cvz} = magnésio no corpo vazio; Mg_{HH} = magnésio na seção HH; Na_{cvz} = sódio no corpo vazio; Na_{HH} = sódio na seção HH; K_{cvz} = potássio no corpo vazio; K_{HH} = potássio na seção HH.

Marcondes et al. (2009) verificaram um alto coeficiente de correlação entre a composição mineral da seção entre a 9^a e 11^a costelas (HH) e o corpo vazio (Tabela 5.10). No entanto, Costa e Silva (2011) observou que as equações geradas por Marcondes et al.

(2009) não estimaram corretamente a composição corporal de macrominerais (P, Mg, Na e K) de machos zebuínos não castrados (Tabela 5.11).

Tabela 5.11 - Médias (kg) e estatística descritiva da relação entre os valores observados e preditos da composição mineral do corpo vazio de machos Nelore não castrados

Item	Cálcio		Fósforo		Magnésio		Sódio		Potássio	
	Obs ¹	Predito	Obs	Predito	Obs	Predito	Obs	Predito	Obs	Predito
Média	4,37	3,00	2,83	2,91	0,12	0,14	0,42	0,39	0,60	0,41
Desvio-padrão	1,03	0,67	0,60	0,80	0,03	0,03	0,09	0,12	0,16	0,13
Máximo	7,15	4,66	4,25	5,47	0,17	0,20	0,61	0,68	0,90	0,71
Mínimo	2,24	1,93	1,91	1,77	0,06	0,08	0,28	0,18	0,33	0,22
r	-	0,76	-	0,67	-	0,75	-	0,68	-	0,85
CCC ²	-	0,31	-	0,64	-	0,62	-	0,62	-	0,46
Regressão										
Intercepto										
Estimativa	-	0,85	-	1,35	-	0,03	-	0,22	-	0,19
Erro padrão	-	0,52	-	0,28	-	0,01	-	0,04	-	0,04
P valor ³	-	0,11	-	< 0,001	-	0,03	-	< 0,001	-	< 0,001
Inclinação										
Estimativa	-	1,17	-	0,51	-	0,63	-	0,53	-	1,01
Erro padrão	-	0,17	-	0,09	-	0,09	-	0,10	-	0,10
P valor ⁴	-	0,32	-	< 0,001	-	< 0,001	-	< 0,001	-	0,92
EPM ⁵	-	2,31	-	0,35	-	0,0009	-	0,009	-	0,043
Vício	-	1,86	-	0,01	-	0,0004	-	0,001	-	0,037
MaF	-	0,01	-	0,15	-	0,0000	-	0,003	-	0,000
MoF	-	0,44	-	0,19	-	0,0005	-	0,005	-	0,007

¹Obs – valores observados; ²CCC – coeficiente de correlação e concordância; ³H₀: $\beta_0=0$. ⁴H₀: $\beta_1=1$. ⁵EPM = erro padrão da média; Vício = vício do modelo; MaF = magnitude de flutuação aleatória; MoF = modelo de flutuação aleatória

Um novo banco de dados foi desenvolvido na última edição desta publicação (BR-CORTE, 2016) para desenvolver novas equações preditivas da composição mineral do corpo vazio de bovinos de corte (Tabela 5.12). Dados individuais de bovinos Zebu foram obtidos dos estudos de

Marcondes et al. (2009) e Costa e Silva (2015), enquanto a composição mineral de bovinos cruzados de corte foi obtida a partir dos estudos de Marcondes (2010) e Souza (2010). Dados de Rodrigues (2014) e Zanetti (2014) foram utilizados para estimar a composição mineral de bovinos cruzados de leite.

Tabela 5.12 - Descrição dos dados usados para gerar as equações de predição da composição de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) do corpo vazio de zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite

Item	Média	DP ¹	Máximo	Mínimo
Zebuínos (n=133)				
Peso de corpo vazio, kg	272	102	549	104
Matéria mineral na seção HH, %	5,56	1,63	10,3	2,74
Cálcio no corpo vazio, %	2,23	0,90	4,75	0,89
Fósforo no corpo vazio, %	0,77	0,18	1,26	0,41
Magnésio no corpo vazio, %	0,04	0,01	0,08	0,02
Sódio no corpo vazio, %	0,12	0,02	0,18	0,08
Potássio no corpo vazio, %	0,17	0,02	0,26	0,10
Cruzados de corte (n=117)				
Peso de corpo vazio, kg	344	82,6	506	192
Matéria mineral na seção HH, %	6,29	1,29	9,68	1,79
Cálcio no corpo vazio, %	1,51	0,29	3,19	1,04
Fósforo no corpo vazio, %	0,72	0,12	0,98	0,48
Magnésio no corpo vazio, %	0,04	0,01	0,07	0,03
Sódio no corpo vazio, %	0,13	0,03	0,21	0,08
Potássio no corpo vazio, %	0,21	0,03	0,41	0,14
Cruzados de leite (n=80)				
Peso de corpo vazio, kg	318	67,9	510	195
Matéria mineral na seção HH, %	3,90	2,55	8,06	0,68
Cálcio no corpo vazio, %	1,32	0,25	1,77	0,59
Fósforo no corpo vazio, %	0,71	0,18	1,10	0,20
Magnésio no corpo vazio, %	0,03	0,01	0,05	0,02
Sódio no corpo vazio, %	0,14	0,02	0,17	0,10
Potássio no corpo vazio, %	0,20	0,05	0,28	0,11

Uma meta-análise foi realizada para desenvolver equações preditivas da composição corporal de macromineral (Ca, P,

Mg, Na e K) de bovinos Zebu, cruzados de corte e cruzados de leite (Tabela 5.13).

Tabela 5.13 - Equações de predição da composição de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) no corpo vazio para zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite

Item	Equação ¹	r ²
Zebuínos		
Cálcio	$\% Ca_{CVZ} = 1,4557 + 0,2362 \times \% CZ_{HH} - 0,00223 \times PCVZ$	0,80
Fósforo	$\% P_{CVZ} = 1,0068 - 0,00099 \times PCVZ$	0,10
Magnésio	$\% Mg_{CVZ} = 0,02859 + 0,001721 \times \% CZ_{HH} - 0,00001 \times PCVZ$	0,54
Sódio	$\% Na_{CVZ} = 0,1213 + 0,002116 \times \% CZ_{HH} - 0,00002 \times PCVZ$	0,51
Potássio	$\% K_{CVZ} = 0,1942 + 0,000833 \times \% CZ_{HH} - 0,0001 \times PCVZ$	0,22
Cruzados de corte		
Cálcio	$\% Ca_{CVZ} = 1,7028 + 0,04638 \times \% CZ_{HH} - 0,00142 \times PCVZ$	0,52
Fósforo	$\% P_{CVZ} = 0,4619 - 0,0404 \times \% CZ_{HH}$	0,49
Magnésio	$\% Mg_{CVZ} = 0,02418 + 0,00196 \times \% CZ_{HH}$	0,34
Sódio	$\% Na_{CVZ} = 0,1205 + 0,002747 \times \% CZ_{HH} - 0,00002 \times PCVZ$	0,56
Potássio	$\% K_{CVZ} = 0,1636 + 0,007102 \times \% CZ_{HH}$	0,35
Cruzados de leite		
Cálcio	$\% Ca_{CVZ} = 1,2445 + 0,0506 \times \% CZ_{HH} - 0,00035 \times PCVZ$	0,58
Fósforo	$\% P_{CVZ} = 0,7279 + 0,0333 \times \% CZ_{HH} - 0,00048 \times PCVZ$	0,58
Magnésio	$\% Mg_{CVZ} = 0,0406 - 0,00106 \times \% CZ_{HH}$	0,06
Sódio	$\% Na_{CVZ} = 0,1454 + 0,00064 \times \% CZ_{HH}$	0,05
Potássio	$\% K_{CVZ} = 0,1411 + 0,01478 \times \% CZ_{HH}$	0,79

¹Ca_{CVZ} = cálcio no corpo vazio (%); CZ_{HH} = cinzas na seção HH (%); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); P_{CVZ} = fósforo no corpo vazio (%); P_{HH} = fósforo na seção HH (%); Mg_{CVZ} = magnésio no corpo vazio (%); Na_{CVZ} = sódio no corpo vazio (%); K_{CVZ} = potássio no corpo vazio (%).

As estimativas de R² para a maioria dos minerais em função do grupo genético foram consideradas satisfatórias. Contudo, as estimativas de R² foram próximas de zero para fósforo e potássio em bovinos Zebu, magnésio e potássio em cruzados de corte, e magnésio e sódio em cruzados de leite, indicando que há uma tendência de constância desses minerais no corpo vazio de tais animais. No entanto, é importante destacar que essas equações ainda precisam ser validadas com um banco de dados independente para avaliar adequadamente o efeito do grupo genético.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS COMPONENTES NÃO CARÇAÇA

Conforme descrito anteriormente, as equações de predição baseadas na composição da 9ª a 11ª costelas para a composição química do corpo vazio apresentaram melhor ajuste quando comparadas àquelas para a composição química da carcaça (Tabela 5.4). Entretanto, se o pesquisador utilizar as equações de composição química da carcaça ou se for necessária a determinação da composição real da carcaça por

dissecação, a composição dos demais componentes do corpo (sangue, couro, membros, cabeça, órgãos e vísceras) precisará ser determinada para se obter a composição química do corpo vazio. A determinação da composição química dos componentes não carcaça implica, necessariamente, em maior custo, tempo e mão de obra, uma vez que existem pelo menos 4 amostras a mais (sangue, couro, membros + cabeça e órgãos + vísceras) por animal que devem ser analisadas quimicamente. O rendimento de carcaça pode variar de 60 a 65% do peso de corpo vazio (PCVZ; Costa et al., 2005; Missio et al., 2009). Assim, todos os componentes não carcaça representariam de 35 a 40% do PCVZ. Assim, conhecer a composição química dos componentes não carcaça é importante devido à sua contribuição para a composição do PCVZ.

Nesse contexto, Costa e Silva et al. (2012), visando reduzir custos com mão de obra e experimentais, desenvolveram equações preditivas da composição química dos componentes não carcaça (sangue, couro, membros, cabeça, órgãos e vísceras). Foi utilizado um banco de dados composto por informações individuais de 335 bovinos zebuínos, cruzados de

corte e cruzados de leite. O efeito do estudo foi contabilizado, assim como os efeitos do grupo genético e do sexo na composição dos componentes não carcaça foram avaliados durante a análise estatística.

Costa e Silva et al. (2012) observaram que foi necessário um ajuste para prever a composição química de cada componente não carcaça (sangue, couro, membros, cabeça, órgãos e vísceras), o que resultaria em muitas equações preditivas. Assim, para reduzir o número de equações geradas e simplificar as estimativas, os componentes não carcaça foram agrupados em cabeça + membros, couro + sangue e órgãos + vísceras e novas equações foram geradas, as quais foram descritas anteriormente na segunda edição do BR-CORTE (BR-CORTE, 2010).

A qualidade do ajuste das equações de predição descritas pelo BR-CORTE (2010) foi avaliada por Costa e Silva et al. (2013). Esses autores verificaram que o teor de PB do couro + sangue foi estimado corretamente, enquanto as equações preditivas dos teores de EE e água apresentaram problemas de ajuste (reprodutibilidade e precisão). Em relação à cabeça + membros, as equações estimaram com

precisão todos os conteúdos químicos avaliados. Ainda, apenas o conteúdo de EE nos órgãos + vísceras foi estimado corretamente. Assim, concluiu-se que novas equações deveriam ser desenvolvidas, ou seja, ao invés de dividir os componentes não-carcaça em três grupos (couro + sangue, cabeça + membros e órgãos + vísceras), uma amostra composta poderia ser analisada e gerar uma equação única para cada constituinte químico.

Nesse sentido, um banco de dados (Tabela 5.14) composto pela composição dos componentes não-carcaça de 231 zebuínos, 94 cruzados de corte e 180 cruzados de leite (machos não castrados, machos castrados e fêmeas) obtido de 19 teses e dissertações (Moraes, 2006; Souza, 2009; Marcondes, 2007; Marcondes, 2010; Chizzotti, 2007; Porto, 2009; Gionbelli, 2010; Paixão, 2009; Paulino, 2006; Machado, 2009; Costa e Silva, 2011; Costa e Silva, 2015; Valente, 2013; Fonseca, 2014; Silva, 2015; Prados, 2012; Rodrigues, 2013; Zanetti, 2014; Neves, 2014) foi utilizado para desenvolver novas equações para predição da composição dos componentes não carcaça na última edição desta publicação (BR-CORTE, 2016).

Tabela 5.14 - Descrição dos dados utilizados para gerar as novas equações de predição da composição química dos componentes não carcaça de zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite (n = 505)

Item ¹	Média	DP ²	Máximo	Mínimo
Peso de corpo vazio, kg	302	92,2	549	80,7
Peso dos componentes não carcaça (NC), kg	112	34,0	224	31,6
Proteína bruta no NC, kg	20,7	7,42	53,3	4,42
Extrato etéreo no NC, kg	20,4	12,5	69,9	1,89
Água no NC, kg	65,4	17,5	134	22,5
Cálcio no NC, kg	0,80	0,62	3,57	0,04
Fósforo no NC, kg	0,31	0,26	1,76	0,02
Magnésio no NC, g	16,5	8,28	50,0	2,37
Sódio no NC, g	149	79,3	426	36,8
Potássio no NC, g	134	62,8	324	31,4

¹NC = não carcaça; ²DP = desvio padrão.

As equações de predição da composição química dos componentes não carcaça foram geradas a partir de uma meta-análise utilizando o procedimento NLMIXED, no qual as variáveis dependentes foram regredidas em função do PCVZ. Também foram testados os efeitos de sexo e grupo genético, onde apenas o sexo foi significativo

para todos os constituintes, exceto fósforo e magnésio (Tabelas 5.15 e 5.16).

Contudo, essas equações ainda precisam ser avaliadas com um banco de dados independente, para serem adotadas de forma ampla e confiável para predizer a composição dos componentes não carcaça de bovinos Zebu, cruzados de corte e cruzados de leite.

Tabela 5.15 - Equações de predição da composição química dos componentes não carcaça para zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite em função da classe sexual

Item	Classe sexual	Equações
Proteína bruta	Machos não castrados	$PB_{NC} = 0,1675 \times PCVZ^{0,8434}$
	Machos castrados	$PB_{NC} = 0,5263 \times PCVZ^{0,6452}$
	Fêmeas	$PB_{NC} = 1,2411 \times PCVZ^{0,4921}$
Extrato etéreo	Machos não castrados	$EE_{NC} = 3,7171 \times \exp^{(0,004936 \times PCVZ)}$
	Machos castrados	$EE_{NC} = 4,8911 \times \exp^{(0,004671 \times PCVZ)}$
	Fêmeas	$EE_{NC} = 3,5533 \times \exp^{(0,006199 \times PCVZ)}$
Água	Machos não castrados	$A_{NC} = 1,5768 \times PCVZ^{0,6547}$
	Machos castrados	$A_{NC} = 3,1486 \times PCVZ^{0,5242}$
	Fêmeas	$A_{NC} = 7,3003 \times PCVZ^{0,3865}$

¹PB_{NC} = proteína bruta nos componentes não carcaça (kg); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); EE_{NC} = extrato etéreo nos componentes não carcaça (kg); A_{NC} = água nos componentes não carcaça (kg).

Tabela 5.16 - Equações de predição da composição de macrominerais dos componentes não carcaça para zebuínos, cruzados de corte e cruzados de leite em função da classe sexual

Item	Classe sexual	Equações
Cálcio	Machos não castrados	$Ca_{NC} = 43,71 \times PCVZ^{0,3510}$
	Machos castrados	$Ca_{NC} = 5,176 \times PCVZ^{0,8772}$
	Fêmeas	$Ca_{NC} = 69,36 \times PCVZ^{0,4342}$
Fósforo		$P_{NC} = 2,262 \times PCVZ^{0,4522}$
Magnésio		$Mg_{NC} = 10,99 \times PCVZ^{0,1736}$
Sódio	Machos não castrados	$Na_{NC} = 73,65 \times PCVZ^{0,1181}$
	Machos castrados	$Na_{NC} = 3,264 \times PCVZ^{0,6916}$
	Fêmeas	$Na_{NC} = 23,04 \times PCVZ^{0,3544}$
Potássio	Machos não castrados	$K_{NC} = 96,43 \times PCVZ^{0,0673}$
	Machos castrados	$K_{NC} = 5,147 \times PCVZ^{0,5781}$
	Fêmeas	$K_{NC} = 31,54 \times PCVZ^{0,2821}$

¹Ca_{NC} = cálcio nos componentes não carcaça (g); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); P_{NC} = fósforo nos componentes não carcaça (g); Mg_{NC} = magnésio nos componentes não carcaça (g); Na_{NC} = sódio nos componentes não carcaça (g); K_{NC} = potássio nos componentes não carcaça (g).

RELAÇÃO ENTRE A MATÉRIA SECA DESENGORDURADA E A COMPOSIÇÃO CORPORAL

Reid et al. (1955) sugeriram que o EE corporal poderia ser estimado pelo conteúdo de água no corpo. Os autores também indicaram que a razão proteína/cinzas (proteína:cinzas) no corpo seria constante na matéria seca livre de gordura, sendo afetada apenas pela idade do animal. Nesse sentido, Marcondes et al. (2010) estudaram a relação entre a matéria seca desengordurada e a composição do PCVZ, utilizando um banco de dados de 272 animais. Como não houve efeitos de grupo genético ou sexo nos parâmetros de regressão, Marcondes et al. (2010) propuseram a seguinte equação para estimar o EE corporal baseado na percentagem de água:

$$\% EE_{CVZ} = 236,21 - 126,25 \times \log(A_{CVZ}) + 1,114 \times \% GV, \\ (R^2 = 0,96; RSME = 1,26),$$

onde EECVZ = percentagem de extrato etéreo no corpo vazio, ACVZ = percentagem de água no corpo vazio e GV = percentagem de gordura visceral no corpo vazio.

Conhecendo a proporção de gordura no corpo, seria possível estimar a concentração de proteína na matéria seca desengordurada do peso de corpo vazio do animal. No entanto, ao contrário de Reid et al. (1955), que correlacionaram proteína:cinzas com a idade, Marcondes et al. (2010) correlacionaram esta razão com o PCVZ. Isso ocorreu porque a idade pode ser uma medida relativa da composição corporal, pois diferentes planos nutricionais podem resultar em diferentes composições corporais em uma mesma idade. Assim, a equação sugerida por Marcondes et al. (2010) pode ser alternativamente utilizada:

$$\% PBMSD_{PCVZ} = 74,09 + 0,0098 \times PCVZ,$$

em que PBMSD_{PCVZ} = percentagem de proteína bruta na matéria seca desengordurada do corpo vazio e PCVZ = peso de corpo vazio (kg). O teor

de cinzas (%) no corpo vazio com base na matéria seca desengordurada pode ser estimado como 100 – PB.

NOVAS METODOLOGIAS PARA PREDIZER A COMPOSIÇÃO CORPORAL DE BOVINOS

Técnicas que não requerem o abate do animal ou a dissecação da carcaça para obtenção de sua composição corporal têm sido estudadas. Tais técnicas podem ser úteis para formação de lotes homogêneos em confinamentos, reduzindo as diferenças dentro das baias quanto às exigências de nutrientes ou padrão de carcaça, bem como para definir o melhor momento para o abate.

Composição corporal obtida a partir do DXA

O uso da densitometria de raios-X de energia dupla (DXA) é uma técnica alternativa

para determinar indiretamente a composição corporal de bovinos. Sua aplicação é comum na medicina humana com o objetivo de avaliar a composição mineral do osso, bem como a gordura e a massa muscular. Assim, alguns estudos avaliaram sua utilidade para determinação indireta da composição de carcaças de bovinos. Nesse sentido, Prados et al. (2016), utilizando um banco de dados com 116 observações (96 machos não castrados Nelore e Nelore × Angus), desenvolveram equações (Tabela 5.17) para estimar a composição da seção entre a 9ª e 11ª costelas com base nas medições da DXA (GE Lunar Prodigy Advance Dxa System, GE Healthcare, Madison, Wisconsin, EUA). Após serem escaneadas, as seções de costela foram dissecadas e suas composições químicas foram comparadas com os parâmetros obtidos pelo DXA.

Tabela 5.17 - Equações de predição da composição química da seção compreendida entre a 9ª e 11ª costelas usando densitometria de raios-X de energia dupla (DXA)

Variável ¹	Equações ²	R ²
Extrato etéreo (EE)	$EE_{HH} = 122,40 + 1,12 \times G_{DXA}$	0,86
Livre de gordura (LG)	$LG_{HH} = 103,22 + 0,87 \times LG_{DXA}$	0,93
Tecido magro (TM)	$PB_{HH} = 37,08 + 0,91 \times TM_{DXA}$	0,95
Cinzas (C)	$C_{HH} = 18,72 + 1,02 \times BMC_{DXA}$	0,39

¹EE_{HH} = extrato etéreo na seção HH; G_{DXA} = gordura medida pelo DXA; Livre de gordura = tecido magro adicionado do teor de minerais no osso, LG_{HH} = tecido livre de gordura na seção HH (água + proteína + cinzas); LG_{DXA} = livre de gordura medido pelo DXA (TM_{DXA} + BMC_{DXA}); PB_{HH} = proteína bruta na seção HH; TM_{DXA} = tecido magro medido pelo DXA; C_{HH} = cinzas na seção HH; BMC_{DXA} = conteúdo de mineral ósseo medido pelo DXA. ² Todas as variáveis em gramas (Adaptada de Prados et al., 2016).

Prados et al. (2016) concluíram que as equações geradas são precisas, sendo recomendadas para prever a composição química da seção entre a 9ª e a 11ª costelas de bovinos Nelore e Nelore × Angus. Contudo, os autores também destacaram que mais estudos seriam necessários para avaliar o uso da DXA para estimar a composição da carcaça.

Mais recentemente, Godoi (2021) desenvolveu equações para prever a composição da carcaça e do corpo vazio com

base na composição de diferentes seções da carcaça avaliadas por DXA. Para isso, a meia-carcaça de 15 fêmeas Nelore foi dividida em sete seções (S1 a S7): S1 - corte longitudinal após a segunda costela; S2 - corte longitudinal após a oitava costela; S3 - secção entre a 9ª e 11ª costelas (Hankins e Howe, 1946); S4 - a seção restante após a remoção de S3; S5 - décima segunda costela; S6 - corte longitudinal após o sacro; e S7 - o trecho remanescente após a retirada de S1 a S6 (Figura 5.1).

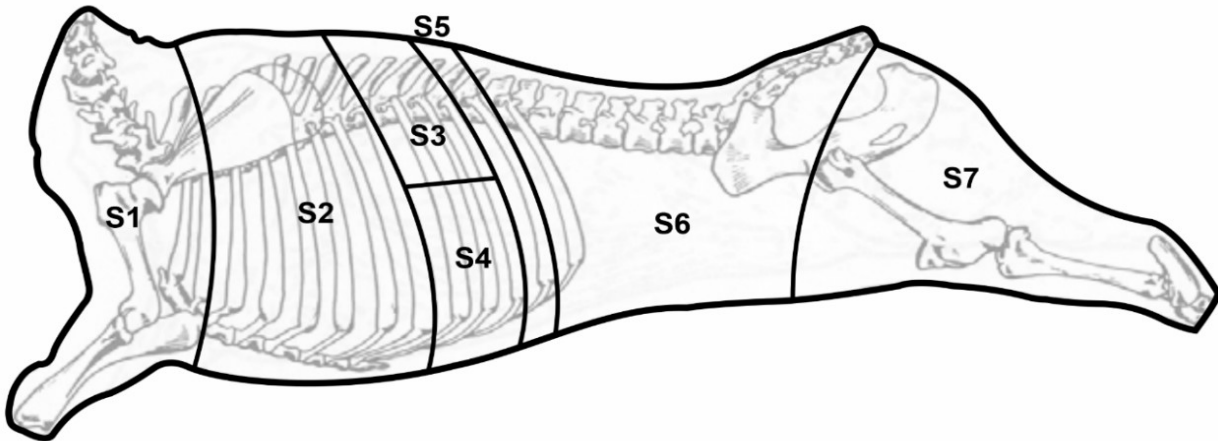


Figura 5.1 - Descrição das seções da carcaça avaliadas para predição da composição da carcaça e corpo vazio de novilhas Nelore (adaptada de Godoi, 2021).

Após a obtenção dos parâmetros da DXA (DXA massa magra, DXA gordura e DXA conteúdo mineral ósseo (BMC)), cada seção foi dissecada em músculo, gordura e ossos, e sua composição física foi registrada. O músculo, a gordura e os ossos de todas as seções foram somados para obtenção da composição física da carcaça. As amostras de músculo + gordura e ossos de cada seção foram analisadas para determinação dos teores de PB, EE e MM para obtenção da composição química. Em seguida, foi calculada a composição química da carcaça com base na composição química de cada seção e suas proporções relativas em cada carcaça. Amostras dos componentes não carcaça foram obtidas e analisadas quimicamente para, juntamente com a composição química da carcaça, determinar a composição química do corpo vazio.

Os procedimentos estatísticos foram realizados usando o SAS (Inst. Inc., Cary, NC), sendo o animal a unidade experimental. A composição física e química de cada seção da carcaça (de S1 a S7), bem como seus parâmetros da DXA (DXA massa magra, DXA

gordura e DXA BMC de cada seção) foram utilizados para predizer a composição física e química da carcaça e a composição química do corpo vazio. O critério de informação de Akaike (AIC) e o critério de informação Bayesiano Swartz (BIC) foram usados para determinar as variáveis preditivas que seriam incluídas na equação. O método *leave-one-out cross-validation* foi utilizado para o desenvolvimento de equações lineares utilizando o PROC REG do SAS (9.4). Mais detalhes podem ser obtidos em Godoi (2021).

As equações propostas por Godoi (2021) para predição da composição física da carcaça de fêmeas Nelore a partir da composição física dos cortes da carcaça são apresentadas na Tabela 5.18, enquanto as equações para estimação da composição física da carcaça baseadas nas medidas DXA podem ser vistas na Tabela 5.19. As equações da S2 e S6 para o conteúdo de gordura, as equações da S6 e S7 para o conteúdo muscular e as equações da S2 e S7 para o conteúdo ósseo apresentaram AIC e BIC menores do que as equações de predição baseadas nas demais seções avaliadas.

Tabela 5.18 - Equações de predição da composição física da carcaça de fêmeas Nelore utilizando a composição física de cada seção da carcaça (adaptada de Godoi, 2021)

Variável	Seção	Equação ¹	R ²	RQME ²	AIC ³	BIC ⁴
Gordura, kg	1	$Gord_{carc} = -1,599 + 4,227 \times Gord_S$	0,93	1,87	20,6	22,9
	2	$Gord_{carc} = 1,936 + 4,792 \times Gord_S$	0,97	1,22	7,72	9,67
	3	$Gord_{carc} = 3,999 + 16,96 \times Gord_S$	0,91	2,14	24,7	27,5
	4	$Gord_{carc} = 4,181 + 14,18 \times Gord_S$	0,84	2,88	33,6	36,2
	5	$Gord_{carc} = 5,013 + 20,646 \times Gord_S$	0,88	2,51	29,4	32,4
	6	$Gord_{carc} = 1,728 + 4,004 \times Gord_S$	0,98	0,91	-0,85	0,34
	7	$Gord_{carc} = -1,139 + 5,448 \times Gord_S$	0,95	1,64	16,7	19,7
Músculo, kg	1	$Musc_{carc} = -1,386 + 3,897 \times Musc_S$	0,92	2,98	34,6	36,7
	2	$Musc_{carc} = 8,867 + 4,74 \times Musc_S$	0,95	2,29	26,7	28,8
	3	$Musc_{carc} = 13,171 + 23,029 \times Musc_S$	0,79	4,86	49,3	51,6
	4	$Musc_{carc} = 14,893 + 24,93 \times Musc_S$	0,76	5,19	51,3	51,7
	5	$Musc_{carc} = 16,261 + 34,558 \times Musc_S$	0,84	4,19	44,8	47,4
	6	$Musc_{carc} = 2,275 + 5,452 \times Musc_S$	0,98	1,54	14,7	17,8
	7	$Musc_{carc} = -3,064 + 3,35 \times Musc_S$	0,99	1,22	7,83	10,6
Ossos, kg	1	$Ossos_{carc} = 1,169 + 2,805 \times Ossos_S$	0,84	0,77	-5,99	-7,35
	2	$Ossos_{carc} = 3,585 + 3,941 \times Ossos_S$	0,89	0,65	-11,3	-8,25
	3	$Ossos_{carc} = 4,942 + 15,774 \times Ossos_S$	0,66	1,13	5,51	7,65
	4	$Ossos_{carc} = 6,544 + 20,665 \times Ossos_S$	0,45	1,45	12,9	13,1
	5	$Ossos_{carc} = 5,06 + 38,604 \times Ossos_S$	0,65	1,14	5,79	6,84
	6	$Ossos_{carc} = 3,453 + 5,652 \times Ossos_S$	0,77	0,92	-0,64	0,54
	7	$Ossos_{carc} = -1,385 + 3,659 \times Ossos_S$	0,94	0,47	-21,1	-18,6

¹ $Gord_{carc}$ = gordura na meia carcaça (kg); $Gord_S$ = gordura em cada seção (kg); $Musc_{carc}$ = músculo na meia carcaça (kg); $Musc_S$ = músculo em cada seção; $Ossos_{carc}$ = ossos na meia carcaça (kg); $Ossos_S$ = ossos em cada seção (kg);

²RQME = raiz do quadrado médio do erro.

³AIC = Critério de informação de Akaike.

⁴BIC = Critérios de informação Bayesiana Swarz.

Quando as medidas de DXA foram usadas para estimar a composição física da carcaça, as equações da S1 e S7 para os teores de gordura e ossos apresentaram valores de AIC e BIC menores do que as equações baseadas nas outras seções avaliadas. No entanto, menores valores de AIC e BIC foram observados para as equações da S2 e S7 para o conteúdo muscular quando comparadas às equações preditivas baseadas em outras seções.

Além disso, vale ressaltar que as equações da S7 apresentaram os menores erros

preditivos (RQME) para todos os constituintes físicos avaliados por ambas as técnicas (composição física dos cortes da carcaça e medidas de DXA), exceto para a equação de predição do conteúdo de ossos baseada nas medidas de DXA. Portanto, os resultados sugerem que a composição física da carcaça (conteúdos de gordura, músculo e ossos) de fêmeas Nelore foi geralmente melhor predita pelas equações da S7, seja pela composição física ou pelas medidas de DXA das seções da carcaça.

Tabela 5.19 - Equações de predição da composição física da carcaça de fêmeas Nelore utilizando a densitometria de raios-X de dupla energia (DXA) das seções da carcaça, (adaptada de Godoi, 2021)

Variável	Seção	Equação ¹	R ²	RQME ²	AIC ³	BIC ⁴
Gordura, kg	1	$Gord_{carc} = 1,954 + 4,571 \times DXAGord_S$	0,96	1,52	14,5	16,5
	2	$Gord_{carc} = 4,931 + 4,262 \times DXAGord_S$	0,91	2,19	25,4	25,6
	3	$Gord_{carc} = 3,644 + 11,983 \times DXAGord_S$	0,80	3,30	37,7	38,6
	4	$Gord_{carc} = 2,521 + 14,995 \times DXAGord_S$	0,82	3,11	35,9	37,1
	5	$Gord_{carc} = 6,801 + 13,269 \times DXAGord_S$	0,69	4,09	44,1	44,5
	6	$Gord_{carc} = 3,061 + 3,471 \times DXAGord_S$	0,91	2,15	24,8	24,9
	7	$Gord_{carc} = -1,345 + 5,148 \times DXAGord_S$	0,98	0,94	-0,10	1,84
Músculo, kg	1	$Musc_{carc} = -7,294 + 3,374 \times DXATM_S$	0,92	3,03	35,1	37,7
	2	$Musc_{carc} = 6,226 + 4,089 \times DXATM_S$	0,95	2,44	28,6	28,9
	3	$Musc_{carc} = 19,313 + 21,106 \times DXATM_S$	0,44	7,96	64,1	62,7
	4	$Musc_{carc} = 20,758 + 18,033 \times DXATM_S$	0,72	5,62	53,7	53,3
	5	$Musc_{carc} = 26,373 + 26,327 \times DXATM_S$	0,54	7,17	60,9	59,6
	6	$Musc_{carc} = 5,431 + 4,661 \times DXATM_S$	0,87	3,74	41,4	40,4
	7	$Musc_{carc} = -6,644 + 3,129 \times DXATM_S$	0,96	1,99	22,5	24,6
Ossos, kg	1	$Ossos_{carc} = 2,956 + 8,865 \times DXACMO_S$	0,90	0,61	-12,8	-11,1
	2	$Ossos_{carc} = 5,339 + 12,375 \times DXACMO_S$	0,81	0,85	-2,98	-0,32
	3	$Ossos_{carc} = 7,718 + 23,153 \times DXACMO_S$	0,58	1,27	9,10	11,2
	4	$Ossos_{carc} = 7,933 + 56,493 \times DXACMO_S$	0,43	1,48	13,5	13,7
	5	$Ossos_{carc} = 8,107 + 55,587 \times DXACMO_S$	0,52	1,29	9,41	10,1
	6	$Ossos_{carc} = 6,817 + 11,219 \times DXACMO_S$	0,66	1,12	5,26	6,46
	7	$Ossos_{carc} = 2,518 + 9,267 \times DXACMO_S$	0,81	0,85	-3,17	-0,74

¹Gord_{carc} = gordura na meia carcaça (kg); DXAGord_S = gordura em cada seção; Musc_{carc} = músculo na meia carcaça (kg); DXATM_S = tecido magro em cada seção; Ossos_{carc} = ossos na meia carcaça (kg); DXACMO_S = conteúdo mineral ósseo em cada seção.

²RQME = raiz do quadrado médio do erro.

³AIC = Critério de informação de Akaike.

⁴BIC = Critérios de informação Bayesiana Swarz.

As equações de predição da composição química da carcaça (EE, PB e cinzas) baseadas na composição química dos cortes da carcaça de fêmeas Nelore propostas por Godoi (2021) são apresentadas na Tabela 5.20. As equações

da S1 e S2 para EE e PB e as equações S1 e S7 para cinzas apresentaram valores AIC e BIC inferiores quando comparadas às equações baseadas nas demais composições de seções.

Tabela 5.20 - Equações de predição da composição química da carcaça de fêmeas Nelore utilizando a composição química dos cortes da carcaça (adaptada de Godoi, 2021)

Variável	Seção	Equação ¹	R ²	RQME ²	AIC ³	BIC ⁴
Extrato etéreo, kg	1	$EE_{\text{carc}} = -1,596 + 4,309 \times EE_S$	0,98	0,99	1,47	4,48
	2	$EE_{\text{carc}} = 1,372 + 4,686 \times EE_S$	0,97	1,16	6,20	8,75
	3	$EE_{\text{carc}} = 2,899 + 17,82 \times EE_S$	0,95	1,49	13,7	16,2
	4	$EE_{\text{carc}} = 2,710 + 17,686 \times EE_S$	0,91	1,99	22,4	24,7
	5	$EE_{\text{carc}} = 4,134 + 22,946 \times EE_S$	0,92	1,77	19,0	21,9
	6	$EE_{\text{carc}} = 2,500 + 4,036 \times EE_S$	0,97	1,18	6,89	8,54
	7	$EE_{\text{carc}} = -1,989 + 5,227 \times EE_S$	0,95	1,46	13,2	16,1
Proteína bruta, kg	1	$PB_{\text{carc}} = 0,216 + 3,562 \times PB_S$	0,91	0,82	-4,07	-3,64
	2	$PB_{\text{carc}} = 3,120 + 4,408 \times PB_S$	0,93	0,71	-8,31	-5,92
	3	$PB_{\text{carc}} = 3,993 + 20,311 \times PB_S$	0,73	1,39	11,8	13,6
	4	$PB_{\text{carc}} = 4,290 + 22,054 \times PB_S$	0,85	1,07	3,74	6,20
	5	$PB_{\text{carc}} = 4,857 + 30,464 \times PB_S$	0,87	0,92	-0,71	2,36
	6	$PB_{\text{carc}} = 2,720 + 4,533 \times PB_S$	0,88	0,94	-0,14	0,93
	7	$PB_{\text{carc}} = -0,433 + 3,478 \times PB_S$	0,83	1,12	5,30	4,57
Cinzas, kg	1	$CZ_{\text{carc}} = 0,359 + 3,010 \times CZ_S$	0,88	0,28	-36,0	-35,3
	2	$CZ_{\text{carc}} = 0,871 + 4,586 \times CZ_S$	0,85	0,31	-33,4	-31,2
	3	$CZ_{\text{carc}} = 0,811 + 19,929 \times CZ_S$	0,61	0,50	-19,0	-17,3
	4	$CZ_{\text{carc}} = 1,152 + 31,700 \times CZ_S$	0,59	0,52	-18,0	-16,8
	5	$CZ_{\text{carc}} = 1,656 + 33,258 \times CZ_S$	0,51	0,55	-16,0	-15,8
	6	$CZ_{\text{carc}} = 0,957 + 5,617 \times CZ_S$	0,67	0,46	-21,6	-20,5
	7	$CZ_{\text{carc}} = 0,483 + 2,570 \times CZ_S$	0,87	0,29	-35,0	-35,9

¹ EE_{carc} = extrato etéreo na meia carcaça (kg); EE_S = extrato etéreo em cada seção (kg); PB_{carc} = proteína bruta na meia carcaça (kg); PB_S = proteína bruta em cada seção (kg); CZ_{carc} = cinzas na meia carcaça (kg); CZ_S = cinzas em cada seção (kg).

²RQME = raiz do quadrado médio do erro.

³AIC = Critério de informação de Akaike.

⁴BIC = Critérios de informação Bayesiana Swarz.

Semelhantemente, as equações geradas a partir das medidas de DXA das S1 e S7 apresentam valores inferiores de AIC e BIC para todos os constituintes químicos avaliados (EE, PB e cinzas) em relação àquelas construídas a partir de dados de DXA das outras seções (Tabela 5.21). Ademais, é importante destacar que as equações da S1

apresentaram o menor RQME para todos os constituintes químicos da carcaça avaliados por ambas as técnicas (composição química das seções da carcaça ou medições DXA), exceto para a equação de PB baseada na composição química de sua seção e equação de EE baseada nas medições de DXA.

Tabela 5.21 - Equações de predição da composição química da carcaça de fêmeas Nelore utilizando a densitometria de raios X de dupla energia (DXA) dos cortes da carcaça (adaptada de Godoi, 2021)

Variável	Seção	Equação ¹	R ²	RQME ²	AIC ³	BIC ⁴
Extrato etéreo, kg	1	$EE_{\text{carc}} = 1,406 + 4,08 \times DXAGord_S$	0,95	1,51	14,3	17,0
	2	$EE_{\text{carc}} = 3,997 + 3,825 \times DXAGord_S$	0,91	1,95	21,9	21,9
	3	$EE_{\text{carc}} = 2,679 + 10,888 \times DXAGord_S$	0,81	2,83	33,0	33,6
	4	$EE_{\text{carc}} = 1,722 + 13,534 \times DXAGord_S$	0,83	2,69	31,5	32,6
	5	$EE_{\text{carc}} = 5,474 + 12,146 \times DXAGord_S$	0,71	3,50	39,4	40,1
	6	$EE_{\text{carc}} = 2,121 + 3,159 \times DXAGord_S$	0,94	1,59	15,8	14,9
	7	$EE_{\text{carc}} = -1,533 + 4,593 \times DXAGord_S$	0,97	1,08	4,05	6,98
Proteína bruta, kg	1	$PB_{\text{carc}} = -0,886 + 0,872 \times DXATM_S$	0,93	0,70	-8,98	-6,57
	2	$PB_{\text{carc}} = 3,144 + 1,000 \times DXATM_S$	0,86	1,01	2,01	0,69
	3	$PB_{\text{carc}} = 6,307 + 5,193 \times DXATM_S$	0,40	2,09	24,0	22,8
	4	$PB_{\text{carc}} = 6,793 + 4,337 \times DXATM_S$	0,63	1,64	16,7	16,0
	5	$PB_{\text{carc}} = 7,771 + 6,875 \times DXATM_S$	0,56	1,80	19,4	16,7
	6	$PB_{\text{carc}} = 2,916 + 1,144 \times DXATM_S$	0,80	1,21	7,46	6,26
	7	$PB_{\text{carc}} = -0,226 + 0,779 \times DXATM_S$	0,91	0,81	-4,49	-4,21
Cinzas, kg	1	$CZ_{\text{carc}} = -0,162 + 3,635 \times DXACMO_S$	0,89	0,27	-37,8	-35,9
	2	$CZ_{\text{carc}} = 0,703 + 5,29 \times DXACMO_S$	0,86	0,30	-34,6	-32,7
	3	$CZ_{\text{carc}} = 1,717 + 9,917 \times DXACMO_S$	0,62	0,50	-19,2	-17,7
	4	$CZ_{\text{carc}} = 1,778 + 24,665 \times DXACMO_S$	0,48	0,59	-14,6	-14,7
	5	$CZ_{\text{carc}} = 1,900 + 23,564 \times DXACMO_S$	0,55	0,54	-16,9	-16,9
	6	$CZ_{\text{carc}} = 1,426 + 4,591 \times DXACMO_S$	0,65	0,48	-20,4	-19,8
	7	$CZ_{\text{carc}} = -0,499 + 3,598 \times DXACMO_S$	0,87	0,29	-35,5	-32,9

¹EE_{carc}= extrato etéreo na meia carcaça (kg); DXAGord_S = gordura em cada seção; PB_{carc}= proteína bruta na meia carcaça (kg); DXATM_S = tecido magro em cada seção; CZ_{carc}= cinzas na meia carcaça (kg); DXACMO_S = conteúdo mineral ósseo em cada seção.

²RQME = raiz do quadrado médio do erro.

³AIC = Critério de informação de Akaike.

⁴BIC = Critérios de informação Bayesiana Swarz.

As equações propostas por Godoi (2021) para prever a composição química do corpo vazio de fêmeas Nelore utilizando a composição química dos cortes da carcaça ou medidas de DXA são apresentadas nas Tabelas 5.22 e 5.23, respectivamente. Os menores valores de AIC e BIC foram observados para as equações S1 e S2 quando se utiliza a

composição química dos cortes da carcaça para prever os teores de EE, PB e cinzas no corpo vazio, enquanto S1 e S7 apresentaram os menores valores de AIC e BIC quando as medições DXA foram usadas para prever os respectivos componentes químicos no corpo vazio.

Tabela 5.22 - Equações de predição da composição química do corpo vazio de fêmeas Nelore utilizando a composição química dos cortes da carcaça (adaptada de Godoi, 2021)

Variável	Seção	Equação ¹	R ²	RQME ²	AIC ³	BIC ⁴
Extrato etéreo, kg	1	$EE_{PCVZ} = 0,249 + 12,717 \times EE_S$	0,94	4,75	48,6	51,4
	2	$EE_{PCVZ} = 8,089 + 14,122 \times EE_S$	0,97	3,22	36,9	38,3
	3	$EE_{PCVZ} = 13,562 + 52,524 \times EE_S$	0,91	5,91	55,2	57,0
	4	$EE_{PCVZ} = 12,12 + 53,302 \times EE_S$	0,91	5,79	54,5	57,7
	5	$EE_{PCVZ} = 17,113 + 67,93 \times EE_S$	0,90	6,33	57,2	59,6
	6	$EE_{PCVZ} = 12,239 + 11,938 \times EE_S$	0,94	4,99	50,0	52,2
	7	$EE_{PCVZ} = -0,978 + 15,444 \times EE_S$	0,92	5,66	53,8	56,3
Proteína bruta, kg	1	$PB_{PCVZ} = -2,258 + 12,68 \times PB_S$	0,86	3,73	41,3	42,7
	2	$PB_{PCVZ} = 7,967 + 15,744 \times PB_S$	0,88	3,41	38,6	39,6
	3	$PB_{PCVZ} = 10,124 + 74,84 \times PB_S$	0,74	4,98	50,0	51,8
	4	$PB_{PCVZ} = 12,648 + 77,433 \times PB_S$	0,78	4,51	47,1	49,7
	5	$PB_{PCVZ} = 14,32 + 108,439 \times PB_S$	0,81	4,29	45,5	48,4
	6	$PB_{PCVZ} = 6,473 + 16,221 \times PB_S$	0,84	3,95	43,1	44,3
	7	$PB_{PCVZ} = -3,991 + 12,225 \times PB_S$	0,76	4,84	49,2	47,0
Cinzas, kg	1	$CZ_{PCVZ} = 4,198 + 6,238 \times CZ_S$	0,70	1,01	2,10	3,14
	2	$CZ_{PCVZ} = 5,134 + 9,726 \times CZ_S$	0,72	0,97	1,08	3,47
	3	$CZ_{PCVZ} = 4,67 + 44,782 \times CZ_S$	0,58	1,18	6,83	9,12
	4	$CZ_{PCVZ} = 5,594 + 69,094 \times CZ_S$	0,52	1,18	6,88	8,85
	5	$CZ_{PCVZ} = 6,359 + 78,81 \times CZ_S$	0,52	1,27	9,09	9,66
	6	$CZ_{PCVZ} = 5,076 + 12,45 \times CZ_S$	0,62	1,15	6,07	7,14
	7	$CZ_{PCVZ} = 4,51 + 5,279 \times CZ_S$	0,69	1,04	2,94	2,62

¹EE_{PCVZ}= extrato etéreo no corpo vazio (kg); EE_S = extrato etéreo em cada seção (kg); PB_{PCVZ}= proteína bruta no corpo vazio (kg); PB_S = proteína bruta em cada seção (kg); CZ_{PCVZ}= cinzas no corpo vazio(kg); CZ_S = cinzas em cada seção (kg).

²RQME = raiz do quadrado médio do erro.

³AIC = Critério de informação de Akaike.

⁴BIC = Critérios de informação Bayesiana Swarz.

Assim, os resultados de Godoi (2021) sugeriram que, em geral, as equações da seção S1, construídas a partir da composição química e medidas de DXA dessa seção da carcaça, estimaram melhor todos os componentes químicos da carcaça e do corpo vazio de fêmeas Nelore, quando comparadas às outras seções avaliadas. Embora não tenham

apresentado os menores valores de AIC e BIC para a maioria dos componentes físicos da carcaça, as equações da seção S1 mostraram boa precisão, com valores de R² entre 84,3% e 95,6%, sugerindo que talvez também seja razoável estimar a composição física da carcaça de fêmeas Nelore por meio das equações geradas a partir desta seção.

Tabela 5.23 - Equações de predição da composição química do corpo vazio de fêmeas Nelore utilizando densitometria de raios X de dupla energia (DXA) de seções de carcaça (adaptada de Godoi, 2021)

Variável	Seção	Equação ¹	R ²	RQME ²	AIC ³	BIC ⁴
Extrato etéreo, kg	1	$EE_{PCVZ} = 8,305 + 12,264 \times DXAGord_S$	0,95	4,57	47,4	49,7
	2	$EE_{PCVZ} = 16,301 + 11,431 \times DXAGord_S$	0,90	6,21	56,6	55,0
	3	$EE_{PCVZ} = 11,804 + 32,993 \times DXAGord_S$	0,83	8,22	65,1	65,4
	4	$EE_{PCVZ} = 8,974 + 40,948 \times DXAGord_S$	0,84	7,79	63,4	63,4
	5	$EE_{PCVZ} = 21,198 + 35,742 \times DXAGord_S$	0,68	11,0	73,8	73,8
	6	$EE_{PCVZ} = 11,311 + 9,301 \times DXAGord_S$	0,90	6,16	56,4	54,5
	7	$EE_{PCVZ} = -0,462 + 13,789 \times DXAGord_S$	0,97	3,41	38,6	40,7
Proteína bruta, kg	1	$PB_{PCVZ} = -8,92 + 3,283 \times DXATM_S$	0,99	1,23	8,07	10,8
	2	$PB_{PCVZ} = 7,014 + 3,683 \times DXATM_S$	0,87	3,57	30,0	39,9
	3	$PB_{PCVZ} = 16,539 + 20,902 \times DXATM_S$	0,48	7,12	60,7	59,8
	4	$PB_{PCVZ} = 19,301 + 16,844 \times DXATM_S$	0,71	5,36	52,2	52,1
	5	$PB_{PCVZ} = 24,387 + 24,845 \times DXATM_S$	0,54	6,68	58,8	57,3
	6	$PB_{PCVZ} = 5,163 + 4,333 \times DXATM_S$	0,86	3,75	41,5	41,1
	7	$PB_{PCVZ} = -5,5946 + 2,88 \times DXATM_S$	0,93	2,70	31,7	32,2
Cinzas, kg	1	$Cinza_{PCVZ} = 2,252 + 8,403 \times DXACMO_S$	0,89	0,61	-13,0	-10,0
	2	$Cinza_{PCVZ} = 4,478 + 11,793 \times DXACMO_S$	0,81	0,82	-4,19	-1,77
	3	$Cinza_{PCVZ} = 6,946 + 20,936 \times DXACMO_S$	0,52	1,27	9,04	10,5
	4	$Cinza_{PCVZ} = 6,202 + 64,855 \times DXACMO_S$	0,62	1,12	5,15	6,79
	5	$Cinza_{PCVZ} = 7,075 + 53,605 \times DXACMO_S$	0,54	1,21	7,56	7,08
	6	$Cinza_{PCVZ} = 5,694 + 11,129 \times DXACMO_S$	0,71	0,97	1,01	2,82
	7	$Cinza_{carc} = 1,216 + 9,407 \times DXACMO_S$	0,92	0,50	-18,8	-15,9

¹EE_{PCVZ}= extrato etéreo no corpo vazio (kg); DXAGord_S = gordura em cada seção; PB_{PCVZ}= proteína bruta no corpo vazio (kg); DXATM_S = tecido magro em cada seção; Cinza_{PCVZ}= cinzas no corpo vazio (kg); DXACMO_S = conteúdo mineral ósseo em cada seção.

²RQME = raiz do quadrado médio do erro.

³AIC = Critério de informação de Akaike.

⁴BIC = Critérios de informação Bayesiana Swarz.

Contudo, é importante destacar que a maioria das equações para prever as composições física e química da carcaça e a composição química do corpo vazio apresentaram valores elevados de R², sejam elas construídas a partir das composições das seções de carcaça ou medidas de DXA. Assim, com base nos valores de R², as composições física e química da carcaça e a composição química do corpo vazio poderiam ser estimadas por qualquer uma das seções de carcaça avaliadas (S1 a S7), possibilitando a escolha da seção de acordo com as necessidades de cada estudo. Entretanto, vale ressaltar que a precisão e acurácia das estimativas podem variar dependendo da seção da carcaça escolhida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações propostas nas últimas edições desta publicação (BR-CORTE, 2010; BR-CORTE, 2016) foram validadas e, portanto, são recomendadas para prever a composição da carcaça e do corpo vazio de bovinos zebuínos e

cruzados de corte e de leite em substituição à dissecação de carcaça, resultando em redução de custos e mão de obra.

O uso de equações para a estimação da composição dos componentes não carcaça parece ser uma abordagem precisa. Além disso, novo método, como DXA, representa alternativa promissora para estimar a composição corporal de bovinos. No entanto, mais estudos devem ser realizados para aumentar a precisão e, avaliar essas equações, usando um banco de dados independente antes de serem adotadas de forma ampla e confiável.

REFERÊNCIAS

Alleoni, G. F.; Boin, C.; Leme, P. R.; Vieira, P. F.; Nardon, R. F.; Demarchi, J. J. A. A.; Otsuk, I. P.; Avaliação da gravidade específica e de outras medidas corporais e da carcaça para estimar a composição corporal de novilhos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 26:375-381, 1997.

- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Costa e Silva, L. F., Gionbelli, M. P., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L. *Nutrient Requirements of Zebu Beef Cattle – BR-CORTE*, 3 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 193 p. 2016.
- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Paulino, P. V. R. *Nutrient Requirements of Zebu and crossbred cattle – BR-CORTE*, 2 ed. – Viçosa: UFV, DZO. 193 p. 2010.
- BR-CORTE. Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Magalhães, K. A. *Exigências Nutricionais de Zebuínos e Tabelas de Composição de Alimentos – BR-CORTE*. 1. ed. – Viçosa: UFV, DZO. 142p. 2006.
- Butterfield, R. M., & Berg, R. T. (1966). A classification of bovine muscles, based on their relative growth patterns. *Research in Veterinary Science*, 7(3), 326-332.
- Chizzotti, M. L. *Exigências nutricionais de animais Nelore, puros e cruzados, de diferentes classes*. 2007. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 101p. 2007.
- Cole, J. W.; Ramsey, C. B.; Epley, R. H. Simplified method for predicting pounds of lean in beef carcasses. *Journal of Animal Science*, 21:355-361, 1962.
- Costa E Silva L. F.; Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Ribeiro, A. M. F.; Prados, L. F.; Nascimento, F. B.; Gionbelli, M. P.; Santos, R. M. Prediction of non-carcass components in cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41:907-1914, 2012.
- Costa E Silva L. F.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Marcondes, M. I.; Rotta, P. P.; Prados, L. F.; Zanetti, D. Evaluation of equations to predict body composition in Nelore bulls. *Livestock Science*, 151:46-57, 2013.
- Costa E Silva, L.F. 2015. *Mineral requirements for Nelore cattle and equations to predict milk yield and dry matter intake for lactating Nelore cows and suckling Nelore calves*. 2015. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicoso, Vicoso, MG. 2015.
- Costa e Silva, L.F. *Exigências nutricionais, validação de equações para a estimação da composição do corpo vazio e uso da creatinina para estimar a proporção de tecido muscular em bovinos Nelore*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 126p, 2011.
- Costa, M. A. L.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Valadares, R. F. D.; Cecon, P. R.; Paulino, P. V. R.; Moraes, E. H. B. K.; Magalhães K. A. Desempenho, digestibilidade e características de carcaça de novilhos Zebuínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34:268-279, 2005.
- Clark, J. L.; Hedrick, H. B.; Thompson. G. B. Determination of body composition of steers by ⁴⁰K. *Journal of Animal Science*, 42:352-356, 1976.
- 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.
- Duchesne, C.; Macgregor, J. F. Jackknife and bootstrap methods in the identification of dynamic models. *Journal of Process Control*, 11:553-564, 2001.
- Ferreira, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Veras, A. S. C.; Araújo, G. G. L.; Signoretti, R. D. Predição da composição corporal por intermédio de método indireto. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30:242-246, 2001.
- Ferrell, C. L.; Kohlmeier, R. H.; Crouse, J. D.; Glimp, H. Influence of dietary energy and protein biological type of steer upon rate of gain and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 46:255-270, 1978.
- Fonseca, M. A.; Valadares Filho, S. C.; Tedeschi, L. O.; Chizzotti, M. L.; Machado, M. G.; Abreu, D. C. 2014. Evaluation of predictive equations developed to assess body composition of F1 Nelore x Angus bulls and steers. *Animal Production Science*.
- Gionbelli, M. P. (2010). *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de fêmeas Nelore em crescimento*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 106 p, 2010.
- Godoi, L. A. *Corn processing in feedlot diets for Nelore cattle: intake, digestion sites and different techniques to estimate digestibility; and nutritional requirements and body composition of Nelore heifers by dual-energy X-ray absorptiometry or by carcass sections*. 2021. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicoso, Vicoso, MG. 2021.

- Gonçalves, L. C.; Silva, J. F. C.; Oliveira, A. I. G.; Castro, A. C. G. Métodos para determinação da composição corporal e estudo da área corporal de novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 20:405-412, 1991.
- Hankins, O. G.; Howe, P. E. *Estimation of the composition of beef carcasses and cuts*. USDA, p. 1-20 (Technical Bulletin). 1946.
- Henrique, W.; Sampaio, A. A. M.; Leme, P. R.; Alleoni, G. F.; Lanna, D. P. D. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Santa Gertrudis a partir da composição química e física das 9-10-11^a costelas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32:709-718, 2003.
- Jorge, A. M.; Fontes, C. A. A.; Paulino, M. F.; Gomes Junior, P. Utilização de método indireto para predição da composição química corporal de zebuínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29:1862-1867, 2000.
- Kraybill, H. F.; Bitter, H. L.; Hankins, O. G. Body composition of cattle. II. Determination of fat and water content from measurement of body specific gravity. *Journal of Applied Physiology*, 4:575-583, 1952.
- Lanna, D. P. D.; Boin, C.; Alleoni, G. F.; Leme, P. R. Estimativa da composição química corporal de tourinhos Nelore através da gravidade específica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 24:351-362, 1995.
- Lush, J. L. 1926. Practical methods of estimating proportions of fat and bone in cattle slaughtered in commercial packing plants. *Journal of Agriculture Research*, 57:79-97.
- Machado, P. A. S. *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagem de brachiaria decumbens, suplementados no período de transição águas-secas*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 73 p, 2009.
- Marcondes, M. I. 2010. *Exigências nutricionais e predição da composição corporal de bovinos nelore puros e cruzados*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 248p.
- Marcondes, M. I. *Desempenho de bovinos Nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação proteica de alimentos para ruminantes*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 36 p, 2007.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Santos, T. R.; Diniz, L. L. Predição da composição corporal e da carcaça a partir da seção entre a 9^a e 11^a costelas em bovinos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1597–1604, 2009.
- Marcondes, M. I.; Chizzotti, M. L.; Valadares Filho, S. C.; Tedeschi, L. O. 2010. Prediction of Nellore empty body composition using indirect measurements. In: SAUVANT, D.(Ed). *Proceedings of Modeling nutrient digestion and utilization in farm animals*. 1.ed. Paris, FR: EAAP Publisher.
- Marcondes, M. I.; Tedeschi, L. O.; Valadares Filho, S. C.; Chizzotti, M. L. Prediction of physical and chemical body compositions of purebred and crossbred Nellore cattle using the composition of a rib section. *Journal of Animal Science*, 90:1280–1290, 2012.
- Missio, R. L.; Brondani, I. L.; Restle, J.; Silva, J. H. S.; Silveira, M. F.; Silva, V. S. Partes não-integrantes da carcaça de tourinhos alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:906-915, 2009.
- Moraes, E. H. B. K. D. (2006). *Desempenho e exigências de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. 2006.
- Moulton, C. R. 1923. Age and chemical development in mammals. *Journal of Biological Chemistry*, 57:79-97.
- Neves, M. L. M. W. 2013. *Exigências nutricionais e componentes não carcaça de bovinos mestiços leiteiros*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, Brazil. 150p.
- Nour, A. Y. M.; Thonney, M. L.; Stouffer, J. R.; White Jr, W. R. C. Muscle, fat and bone in serially slaughtered large dairy or small beef cattle fed corn or corn silage diets in one of two locations. *Journal of Animal Science*, 52:512-521. 1981.
- Nour, A. Y. M.; Thonney, M. L. Carcass soft tissue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing types and serially slaughtered over a wide weight range. *Journal of Agricultural Science*, 109:345-356, 1987.
- Nour, A. Y. M.; Thonney, M. L. Technical Note: Chemical composition of Angus and Holstein carcasses predicted from rib section composition. *Journal of Animal Science*, 72:1239-1241, 1994.

- Paixão, M. L. *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de brachiaria decumbens com suplementação proteica*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 110p, 2008.
- Panaretto, B. A.; Till, A. R. Body composition in vivo. II. The composition of mature goats and its relationship to the antipyrine, tritiated water, and N-acetyl-4-aminoantipyrine spaces. *Australian Journal of Agricultural Research*, 14:926-943, 1963.
- Paulino, P. V. R. 2002. *Exigências nutricionais e validação da seção HH para predição da composição corporal de zebuínos*. 2002. 150p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Paulino, P. V. R.; Costa, M. A. L.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, M. F.; Valadares, R. F. D.; Magalhães, K. A.; Detmann, E.; Porto, M. O.; Moraes, K. A. K. 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*, 34:327-339, 2005a.
- Paulino, P. V. R.; Valadares Filho, S. C.; Costa, M. A. L.; Paulino, M. F.; Magalhães, K. A.; Detmann, E.; Valadares, R. F. D.; Porto, M. O.; Moraes, K. A. K. Validation of the 9-11th rib cut to estimate the chemical composition of the dressed carcass and of the whole empty body of Zebu cattle. *Livestock Production Science*, 93:245-253, 2005b.
- Paulino, P. V. R. 2006. *Desempenho, composição corporal e exigências nutricionais de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais*. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 159p. Tese (Doutorado em zootecnia).
- Prados, L. F., Zanetti, D., Amaral, P. M., Mariz, L. D. S., Sathler, D. F. T., Valadares Filho, S. C., Silva, F. F., Silva, B. C., Pacheco, M. C., Meneguelli, H. A., Chizzotti, M. L. Technical note: Prediction of chemical rib section composition by dual energy x-ray absorptiometry in Zebu beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94:2479-2484, 2016.
- Peron, A. J.; Fontes, C. A. A.; Lana, R. P.; Queiroz, A. C.; Silva, D. J.; Freitas, J. A. Predição da composição corporal e da carcaça de bovinos através de métodos indiretos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 22:227-237, 1993.
- Porto, M. O. *Multiple supplements to beef cattle in calves, growing and finishing, in pasture of Brachiaria decumbens*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 159 p, 2009.
- Powell, W. E.; Huffman, D. L. Predicting chemical composition of beef carcasses from easily obtainable carcass variables. *Journal of Animal Science*, 36:1069-1076, 1973.
- Prados, L. F. 2012. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 97p.
- Preston, R. L.; Kock, S. W. *In vivo prediction of body composition in cattle from urea space measurements*. In: Proceedings of the society for experimental biology and medicine, 1057-1061, 1973.
- Prior, R. L.; Kohlmeier, R. H.; Cundiff, L. V.; Dikeman, M. E.; Crouse, J. D. Influence of dietary energy and protein on growth and carcass composition in different biological types of cattle. *Journal of Animal Science*, 45:132-146, 1977.
- 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 Dairy Science*, 38:1344-1359, 1955.
- Rodrigues, F. C. 2014. *Turnover proteico, avaliação e predição da composição química e do corpo vazio de bovinos 3/4 Zebu x 1/4 Holandês*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 44p.
- Silva, F. F. 2001. *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*. 2001. (Dissertação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Silva, F. A. S. 2015. *Desempenho, produção de metano entérico, eficiência de utilização da energia, metabolismo protéico muscular e exigências nutricionais de novilhas Holandês x Zebu alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar em duas proporções*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 82p.

- Silva F. A. S, Valadares Filho S. C., Costa e Silva L. F., Fernandes J. G., Lage B. C., Chizzotti M. L., Felix T. L. Nutrient requirements and evaluation of equations to predict chemical body composition of dairy crossbred steers. *Animal Bioscience*, 34:558-566, 2021. doi: 10.5713/ajas.19.0829.
- Souza, E. J. 2010. *Desempenho e exigências nutricionais de fêmeas Nelore, F1 Nagus x Nelore e F1 Simental x Nelore em dietas contendo alto e baixo nível de concentrado*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2010.
- Trowbridge, P. F.; Haigh, L. D. Studies in animal nutrition. I. *Changes in form and weight on different planes of nutrition*. Montana Agriculture Experimental Station. 111p. (Research Bulletin, 54). 1921.
- Trowbridge, P. F., Haigh, L. D. Studies in animal nutrition. II. *Changes in proportions of carcass and offal on different planes of nutrition*. Montana Agriculture Experimental Station. 111p. (Research Bulletin, 43). 1922.
- Valente, E. E. L. *Suplementação de bovinos de corte em pastejo com diferentes relações proteína:carboidrato da fase de amamentação ao abate*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG, 2012.
- Véras, A. S. C.; Valadares Filho, S. C.; Silva, J. F. C.; Paulino, M. F.; Cecon, P. R.; Valadares, R. F. D.; Ferreira, M. A.; Silva, C. M.; Silva, B. C. 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*, 30:1112-1119, 2001.
- Williams, J. E.; Wagner, D. G.; Walters, L. E.; Horn, G.W.; Waller, G. R.; Sims, P. L.; Guenther, J. J. Effect of production systems on performance, body composition and lipid and mineral profiles of soft tissue in cattle. *Journal of Animal Science*, 57:1020-1028, 1983.
- Zanetti, D. 2014. *Exigências nutricionais, frequência de alimentação e níveis de cálcio e fósforo para bovinos Holandês x Zebu em confinamento*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 78p.

