

Exigências de minerais para bovinos de corte

Luiz Fernando Costa e Silva, Sebastião de Campos Valadares Filho, Diego Zanetti, Dhones Rodrigues de Andrade, Mateus Pies Gionbelli, Terry Eugene Engle, Mario Fonseca Paulino

INTRODUÇÃO

Os minerais estão presentes em quantidades e proporções variáveis em todos os alimentos e tecidos animais (Underwood, 1981), porém muitos deles, apesar de estarem presentes no corpo, não desempenham uma função específica no metabolismo animal. Os minerais essenciais são os elementos que exercem uma função específica no organismo (McDonald et al., 2002). Vinte e dois minerais foram identificados como essenciais para a vida animal: cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl), magnésio (Mg) e enxofre (S), considerados macronutrientes minerais; ferro (Fe), iodo (I), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), cobalto (Co), molibdênio (Mo), selênio (Se), cromo (Cr), estanho (Sn), vanádio (V), flúor (F), silício (Si), níquel (Ni) e argônio (Ar), considerados micronutrientes minerais (Spears e Kegley, 2002). De acordo com sua concentração, os macrominerais são expressos em g/kg de tecido animal, enquanto os microminerais em mg/kg de tecido animal.

Os minerais, embora estejam presentes no corpo animal em menor proporção que outros nutrientes, como proteína e gordura, desempenham funções vitais no organismo, e suas deficiências podem acarretar alterações nutricionais graves, levando o animal a apresentar respostas produtivas e reprodutivas aquém de seu potencial. Os minerais possuem basicamente cinco tipos de função no organismo animal (Suttle, 2010; Wilson et al., 2016), sendo elas:

1. Estrutural: composição dos órgãos e tecidos corporais, como: Ca, P, Mg, F e Si nos ossos e dentes; e P e S nas proteínas musculares. Cerca de 99% do Ca, 80% do P e 70% do Mg corporal estão presentes no esqueleto (AFRC, 1991; Coelho da Silva, 1995; NRC, 2000);

2. Fisiológico: constituintes dos tecidos e fluidos corporais responsáveis pela manutenção da pressão osmótica, equilíbrio ácido-base, permeabilidade de membrana e irritabilidade do tecido, como: Na, K, Cl, Ca e Mg no sangue,

fluido cérebro-espinhal e suco gástrico (Suttle, 2010);

3. Catalítico: catalizadores de sistemas enzimáticos e hormonais, sendo desempenhado basicamente pelos microminerais. Dentre os inúmeros exemplos, a regulação exercida pelo Cu no metabolismo e síntese de lipídeos, e do Zn na espermatogênese (Suttle, 2010);

4. Regulatório: regulação da replicação e diferenciação celular, como os íons Ca, que influenciam na transdução de sinais e as selenocisteínas que influenciam na transcrição genética (Suttle, 2010); e

5. Resposta imune: a suplementação de Cu para bezerros aumenta a sua concentração no fígado durante desafios respiratórios, resultando em impactos positivos na resposta imune durante um período de estresse (Wilson et al., 2016).

Essas funções podem ser exercidas apenas se quantidades suficientes dos minerais consumidos forem absorvidas e retidas, a fim de manter o crescimento, desenvolvimento e reprodução, além de repor os minerais perdidos para a produção de leite, por exemplo (Suttle, 2010). Os alimentos comumente utilizados na alimentação de bovinos de corte podem fornecer esses nutrientes (Genther e Hansen, 2014), entretanto, as concentrações são variáveis e/ou inadequadas (Smart et al., 1981), contribuindo, assim, para o baixo desempenho animal e baixa qualidade da carne (Spears e Kegley, 2002). De acordo com Arthington et al. (2014), a suplementação de minerais pode ocorrer por várias maneiras, incluindo mistura mineral, blocos de sal fortificados com minerais, microminerais injetáveis e suplementos energético-proteicos fortificados com microminerais. Dessa forma, a adequação da quantidade de cada mineral fornecido aos animais é recomendada para garantir um adequado desempenho animal e evitar contaminação do solo e cursos d'água pelos minerais excretados via fezes e urina.

Para predizer as exigências de minerais para bovinos, o método fatorial tem sido o mais utilizado (ARC, 1980). As exigências dietéticas

de cada mineral correspondem a soma das exigências líquidas para manutenção e produção e o resultado é dividido pelo coeficiente de absorção do mineral no trato digestivo do animal. Contudo, nem todo mineral absorvido pelo animal possui função no organismo, sendo assim excretado via urina. Dessa forma, a utilização do coeficiente de absorção parece não ser o mais adequado, e sim o coeficiente de retenção verdadeiro, que considera as perdas dos minerais via urina.

As exigências de minerais para bovinos são expressas em quantidades por dia ou por unidade de produto, ou ainda em proporção da matéria seca consumida. As exigências de minerais podem ser afetadas pela raça ou grupo genético do animal, alimentação, nível de produção e ambiente (Suttle, 2010). Fatores inerentes aos alimentos ou às dietas, como as frações orgânicas ou inorgânicas do mineral, a disponibilidade e a forma química desse elemento nos ingredientes da dieta, juntamente com aspectos relacionados às inter-relações (antagonismos e agonismos) entre os minerais também podem influenciar as exigências dietéticas dos mesmos.

Para calcular as exigências dietéticas de minerais, há necessidade de conhecer quanto do mineral encontrado no alimento pode ser liberado durante os processos digestivos para que o animal possa absorvê-lo e utilizá-lo. Ainda, acredita-se que há diferença nos alimentos produzidos em regiões de clima tropical e temperado quanto a liberação dos minerais para o organismo animal.

Assim, algumas discussões serão apresentadas nesse capítulo sobre as exigências de macrominerais (Ca, P, Mg, Na, K e S) e microminerais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se e Zn) para manutenção, bem como os coeficientes de retenção de cada mineral com dados provenientes de pesquisas desenvolvidas no Brasil. Também serão apresentadas equações para estimar as exigências líquidas para ganho obtidos com dados de animais criados em condições tropicais. Por fim, serão apresentadas as tabelas de exigências dietéticas para macrominerais e microminerais para bovinos de corte.

FONTES DOS MINERAIS

Atualmente, estão disponíveis duas categorias de minerais para uso em dietas de animais: 1) inorgânica, que compreende fontes como os óxidos, cloretos e sulfatos; e 2) orgânica, que compreende os minerais complexados ou associados às moléculas orgânicas (complexos e quelatos), como polissacarídeos, aminoácidos ou proteínas (AAFCO, 1998).

Fontes inorgânicas de minerais

Há no mercado uma grande quantidade de fontes minerais inorgânicas para uso em misturas minerais e rações balanceadas para dietas de bovinos de corte. Para escolher uma ou mais fontes de minerais a ser utilizado, alguns pontos devem ser levantados, como por exemplo: o custo por unidade dos elementos requeridos, das formas químicas em que os elementos são combinados, das formas físicas muito relacionadas ao tamanho de partícula e, sobretudo, a garantia da ausência de substâncias tóxicas para os animais. Segundo Campos (1980), as principais fontes de minerais inorgânicos utilizadas no Brasil para dietas de bovinos de corte foram descritas na Tabela 10.1.

Os minerais inorgânicos, de origem geológica ou industrial, ainda são as fontes mais comumente utilizadas na nutrição animal (Mottin et al., 2013). Isto ocorre principalmente pelo baixo custo de mercado quando comparado aos minerais quelatos, sendo essa a principal vantagem no uso de mineral inorgânico (Araújo et al., 2008). Em contrapartida, algumas desvantagens são descritas na literatura em relação ao uso dos minerais inorgânicos, como por exemplo (Araújo et al., 2008):

- 1) apresentam um maior potencial poluidor ao meio ambiente, principalmente devido a sua baixa instabilidade e a presença de contaminantes tais como arsênio, chumbo e cádmio;
- 2) podem sofrer interações com outros minerais dentro do trato gastrointestinal, se complexando e assim dificultando a absorção ou tornando-os indisponíveis para os animais; e
- 3) necessitam ser incluídos nas dietas em quantidade superiores às necessárias devido à menor biodisponibilidade.

Tabela 10.1 - Fontes de minerais inorgânicos para bovinos

Mineral	Produto Comercial	Fórmula Química	% do elemento		Forma física
Cálcio e Fósforo	Fosfato bicálcico	$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	23,3% Ca	18% P	Cristais brancos
	Fosfato de rocha desfluorado	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaX}$	29,2% Ca	13,3% P	Pó ligeiramente solúvel
	Carbonato de cálcio	CaCO_3	40% Ca	-	Pó branco
	Calcário calcítico	CaCO_3	38,5% Ca	-	Pó insolúvel
	Calcário dolomítico	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$	22,3% Ca	-	Pó insolúvel
	Farinha de ostras	$\text{CaCO}_3 \cdot \text{CaX}$	38% Ca	-	Granulado
	Fosfato dibásico de amônio	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	-	23,5% P	Cristais brancos
Cloro e Sódio	Cloreto de sódio	NaCl	60% Cl	37% Na	Cristais brancos
Magnésio	Óxido de magnésio	MgO	60,3% Mg		Pó branco
	Sulfato de magnésio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	9,9% Mg		Cristais brancos
Enxofre	Flor de enxofre	S	96 (99)% S		Pó amarelo
Iodo	Iodato de cálcio	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	62% I		Cristais brancos
	Iodato de potássio	KIO_3	59% I		Cristais brancos
Cobalto	Carbonato de cobalto	CoCO_3	49,5% Co		Cristais brancos
	Cloreto de cobalto	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	24,7% Co		Cristais vermelho-escuro
	Sulfato de cobalto	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20,9% Co		Cristais vermelhos
Manganês	Carbonato de manganês	MnCO_3	47,8% Mn		Pó em um tom de vermelho
	Sulfato de manganês	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	32,5% Mn		Cristais em tom de vermelho
Cobre	Cloreto cúprico	$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	37,2% Cu		Cristais verdes
	Óxido cúprico	CuO	80% Cu		Pó preto
	Sulfato cúprico	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25,5% Cu		Cristais azuis
Ferro	Sulfato ferroso anidro	FeSO_4	36,7% Fe		Pó solúvel
	Carbonato ferroso	$\text{FeCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	41,7% Fe		Pó ligeiramente solúvel, amorfo
Zinco	Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	22,7% Zn		Cristais brancos
	Óxido de zinco	ZnO	80,3% Zn		Pó branco
Selênio	Selenito de sódio	Na_2SeO_3	45% Se		Cristais brancos

Adaptado de Campos (1980).

Fontes orgânicas de minerais

Nos últimos anos, novas fontes de minerais têm surgido no mercado e são conhecidas como minerais orgânicos. Contudo, devido à variedade de fontes disponíveis, o termo “minerais orgânicos” referindo-se a todos esses produtos não seria o mais adequado. Estes elementos são formados por processos de biossíntese ou podem ser combinados com aminoácidos, proteínatos, polissacarídeos e hidróxi-análogo de aminoácidos (em forma de complexo, quelato ou proteínato dependendo da sua natureza), sendo caracterizados por apresentarem maior biodisponibilidade e, portanto, serem mais bem aproveitados no organismo animal. Por fim, apresentam uma menor excreção pelos animais em comparação aos minerais inorgânicos (Rutz e Murphy, 2009).

Hoje existem várias formas de minerais orgânicos disponíveis no mercado para fins de uso na alimentação animal. Segundo a Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 2000), existem várias definições para os minerais orgânicos dependendo do tipo de ligação e estrutura formada, sendo os principais compostos classificados conforme descrito abaixo (Tabela 10.2):

Complexo entre metal e aminoácido:

produto resultante da complexação entre um sal metálico solúvel com um ou mais aminoácidos (Ex: Complexo Fe-aminoácido);

Complexo metal-aminoácido específico:

produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um aminoácido específico, formando ligações covalentes coordenadas (Ex: zinco-metionina (Zn-Met), zinco-lisina (Zn-Lis), cobre-lisina (Cu-Lis));

Quelato entre metal e aminoácido:

produto resultante da reação entre um íon metálico obtido de um sal metálico solúvel com aminoácidos na relação molar de um mol de metal para um a três moles de aminoácidos (preferencialmente dois) para formar ligações covalentes coordenadas (Ex: cálcio, cobalto, cobre, ferro e zinco);

Complexo entre metal e polissacarídeos:

produto resultante de um complexo entre

um sal solúvel com uma solução de polissacarídeos (Ex: complexo zinco-polissacarídeos);

Proteinatos: produto resultante da quelação entre um sal solúvel com aminoácidos e/ou proteínas parcialmente hidrolisadas (Ex: proteínato de manganês, proteínato de zinco).

A utilização de minerais orgânicos nas suas diferentes formas pode oferecer algumas vantagens em relação aos minerais inorgânicos, tais como:

- 1) maior biodisponibilidade;
- 2) menor dosagem utilizada em relação aos minerais inorgânicos;
- 3) maior retenção nos tecidos (pois chegam diretamente aos tecidos e sistemas enzimáticos específicos, utilizando as vias de absorção e transporte das moléculas que estão ligadas);
- 4) baixa interelação com outros elementos minerais ou outras substâncias no processo de absorção; e
- 5) menor excreção para o meio ambiente (Zanetti, 2014).

Além disso, Mottin et al. (2013) relataram que existem mais algumas atribuições referentes à comparação entre minerais orgânicos e inorgânicos, principalmente ao tipo de carga destes compostos, negativas ou neutras, ou seja, são metabolizados mais eficientemente. Além disso, o processo de quelação aumenta a absorção passiva, por aumentar a solubilidade em água e lipídeo.

Contudo, nem todo micromineral orgânico é igual. Por isso, vale ressaltar que a escolha da fonte de mineral a ser utilizada deve estar devidamente embasada em trabalhos científicos que demonstrem os reais efeitos da fonte sobre a melhoria dos parâmetros que estão sendo propostos nos trabalhos.

Na edição atual do BR-CORTE, todas as exigências dietéticas dos minerais foram estimadas a partir de trabalhos em que somente as fontes inorgânicas de minerais foram utilizadas. Dessa forma, existe uma carência de informação sobre o impacto dos minerais orgânicos sobre as exigências dietéticas para bovinos de corte. Na Tabela 10.2 são apresentados os principais minerais orgânicos e suas respectivas biodisponibilidades.

Tabela 10.2 - Principais minerais orgânicos e biodisponibilidade

Classificação	Tipo de mineral ¹	Biodisponibilidade do mineral orgânico (%) ²
Quelato metal aminoácido	Cálcio	92-96
	Cobalto	85-89
	Cobre	91-98
	Ferro	85-94
	Zinco	87-94
Complexo metal aminoácido	Cobre	91-98
	Ferro	85-94
	Manganês	83-87
	Zinco	87-94
Complexo metal aminoácido específico	Cobre lisina	91-98
	Zinco lisina	87-94
	Ferro metionina	85-94
	Zinco metionina	87-94
Proteinatos	Cálcio	92-96
	Cobalto	85-89
	Cobre	91-98
	Zinco	87-94
Complexo metal polissacarídeo	Cobre	91-98
	Ferro	85-94
	Zinco	87-94
	Magnésio	85-94

Adaptada de AAFCO (2000)¹ e Baruselli (2000)².

EXIGÊNCIAS DIETÉTICAS DE MINERAIS

As exigências de minerais para manutenção incluem os minerais necessários para manter intactos os tecidos de um animal que não está em crescimento, desempenhando trabalho, reproduzindo ou gerando qualquer produto (Underwood, 1981). A manutenção do corpo envolve o metabolismo interno para circulação, respiração e outros processos vitais, juntamente com perdas externas e movimentos normais do animal. Essas exigências são relativas às necessidades do animal para atender as perdas inevitáveis do corpo, também chamadas de secreções ou perdas endógenas (Fontes, 1995).

No entanto, trabalhos desenvolvidos no Brasil, avaliando as perdas endógenas e os coeficientes de absorção de minerais em bovinos são escassos. Os poucos estudos realizados apresentam valores variáveis, não sendo possível estabelecer em edições anteriores uma recomendação precisa para bovinos criados em condições brasileiras. Os principais conselhos mundiais de exigências nutricionais (ARC, 1980; NRC, 2000; NRC, 2001; CSIRO, 2007) consideram que as perdas de minerais via urina

são negligenciáveis devido à reciclagem de minerais que ocorre nos rins. Todavia, Costa e Silva et al. (2015a) verificaram que as perdas de minerais via urina podem chegar a 35% da quantidade do mineral consumido e assim, não devem ser desconsideradas. Dessa forma, o coeficiente de retenção verdadeiro deveria ser considerado para todos os minerais ao invés do coeficiente de absorção, pois nem sempre o que está sendo absorvido será aproveitado pelo animal.

Assim, as exigências dietéticas serão calculadas a partir da soma das exigências líquidas para manutenção e ganho de peso e posterior divisão pelo coeficiente de retenção.

BANCO DE DADOS

Exigências líquidas para manutenção e coeficiente de retenção

As exigências líquidas de cada mineral para manutenção e o coeficiente de retenção foram estimados como sendo o intercepto e a inclinação, respectivamente, da regressão entre o mineral retido no corpo e o mineral consumido, calculado a partir do seguinte modelo:

MR = MC – Mef – Meu,

em que MR = mineral retido, MC = mineral consumido, Mef = mineral excretado via fezes e Meu = mineral excretado via urina.

Para estimar as exigências líquidas para manutenção e o coeficiente de retenção de cada mineral, um banco de dados foi construído a partir de 10 experimentos conduzidos em condições tropicais: Souza (2010), Gionbelli (2010), Marcondes (2010), Prados (2012), Zanetti (2014), Sathler (2015), Costa e Silva et al. (2015^a-2), Prados (2016) e Zanetti et al. (2017), sendo utilizados dados referentes aos

minerais avaliados nos alimentos fornecidos aos animais, nas fezes e na urina (Tabelas 10.3 e 10.4). Esse banco de dados foi constituído por 325 animais, sendo 181 machos não castrados, 73 machos castrados e 71 fêmeas. Ainda, os animais utilizados são oriundos dos seguintes grupos genéticos: Nelore ($n = 243$), Zebu × Holandês ($n = 46$), Angus × Nelore ($n = 18$) e Simental × Nelore ($n = 18$). Foi utilizada uma meta-análise onde classe sexual (efeito fixo), grupo genético (efeito fixo) e experimento (efeito aleatório) foram considerados como efeitos classificatórios a fim de avaliar diferença para cada mineral avaliado.

Tabela 10.3 - Estatística descritiva dos dados utilizados para estimar as exigências líquidas de macrominerais (Ca, P, Mg, Na, K e S) para manutenção e o coeficiente de retenção de bovinos de corte

Item	<i>n</i>	Média	DP	Máximo	Mínimo
Peso corporal (kg)	325	302	82,3	557	125
Cálcio (g/dia)					
Consumo	325	27,1	18,9	138	2,93
Fezes	324	11,4	6,27	62,0	1,37
Urina	322	1,14	1,13	7,63	0,04
Fósforo (g/dia)					
Consumo	325	22,5	20,6	88,0	3,34
Fezes	325	9,08	5,94	40,5	1,46
Urina	322	0,99	1,16	8,28	0,01
Magnésio (g/dia)					
Consumo	325	16,6	9,42	51,2	2,49
Fezes	307	8,22	5,58	41,5	0,89
Urina	304	3,98	3,43	24,4	0,03
Sódio (g/dia)					
Consumo	325	19,4	13,4	49,7	0,61
Fezes	306	7,27	4,81	22,5	0,19
Urina	297	7,49	5,49	26,3	0,02
Potássio (g/dia)					
Consumo	325	47,2	26,3	140	5,14
Fezes	307	16,3	9,63	56,4	1,82
Urina	297	16,1	13,2	66,8	0,02
Enxofre (g/dia)					
Consumo	149	5,75	2,08	9,29	1,20
Fezes	149	2,43	1,10	4,94	0,44
Urina	143	1,65	1,24	3,96	0,04

Contudo, apenas dois estudos (Costa e Silva et al., 2015a; Zanetti et al., 2017) avaliaram as exigências líquidas para manutenção e o coeficiente de retenção para S e

microminerais, sendo assim, apenas as recomendações sugeridas por esses autores serão utilizadas nessa edição do BR-CORTE (Tabela 10.4).

Tabela 10.4 - Estatística descritiva dos dados utilizados para estimar as exigências líquidas de microminerais (Cu, Fe, Mn, Se, Zn, Co, Cr e Mo) para manutenção e o coeficiente de retenção de bovinos de corte

Item	n	Média	DP	Máximo	Mínimo
Peso corporal (kg)	149	307	92,6	557	125
Cobre (mg/dia)					
Consumo	149	87,8	58,8	213	1,87
Fezes	149	50,6	21,9	104	8,02
Urina	95	8,58	6,42	37,3	1,08
Ferro (mg/dia)					
Consumo	149	2.103	1.173	4.780	333
Fezes	149	1608	872	3982	316
Urina	92	98,8	73,4	410	5,40
Manganês (mg/dia)					
Consumo	149	212	133	493	1,87
Fezes	136	193	106	425	4,71
Urina	88	2,01	1,66	6,80	0,06
Selênio (mg/dia)					
Consumo	50	2,05	0,88	3,93	0,69
Fezes	50	1,43	0,64	2,69	0,31
Urina	50	0,70	0,57	1,22	0,01
Zinco (mg/dia)					
Consumo	149	293	169	611	28,0
Fezes	149	195	110	469	15,9
Urina	92	13,1	7,00	37,9	0,86
Cobalto (mg/dia)					
Consumo	149	7,12	4,64	21,3	0,92
Fezes	148	3,68	3,12	12,6	0,04
Urina	80	1,33	1,85	7,67	0,02
Cromo (mg/dia)					
Consumo	102	16,1	8,00	38,2	0,35
Fezes	102	11,3	5,60	28,1	3,30
Urina	46	3,84	1,94	9,26	0,61
Molibdênio (mg/dia)					
Consumo	47	3,92	1,10	6,19	0,89
Fezes	47	2,69	0,80	5,04	0,72
Urina	45	0,41	0,22	1,15	0,11

Exigências líquidas para ganho

O modelo comumente utilizado para estimar as exigências líquidas dos macrominerais para ganho é o alométrico (ARC, 1980), em que o conteúdo corporal do elemento é estimado a partir do peso de corpo vazio (PCVZ):

$$M_i = \beta_0 \times PCVZ^{\beta_1},$$

em que M_i é o conteúdo corporal do mineral i (Ca e P (kg); Mg, Na e K (g)) e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg). Derivando-se a equação anterior para 1,0 kg de ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ), as exigências líquidas de minerais podem ser estimadas como apresentado a seguir:

$$ExLiGi = GPCVZ \times (\beta_0 \times \beta_1 \times PCVZ^{\beta_1-1}),$$

Em que ExLiGi são as exigências líquidas do mineral i , GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ = peso de corpo vazio (kg/dia). Os bovinos atingem um peso corporal no qual não ocorre mais deposição de minerais no corpo, ou seja, as exigências dietéticas ficam referidas apenas para atender às exigências de manutenção do animal. Com isso, em conjunto com o ajuste do modelo alométrico, foi considerado o PCVZ onde não existe mais acréscimo significativo do mineral, determinado pelo método alométrico *plateau* como sugerido por Chizzotti et al. (2009) para cálcio e fósforo. Com isso, as exigências líquidas de cada mineral para ganho são consideradas iguais a zero a partir do PCVZ em que o *plateau* é atingido.

Dessa forma, um banco de dados foi construído a partir de 21 experimentos conduzidos em condições tropicais: Paulino (1996), Silva (2001), Veloso (2001), Paulino (2002), Backes (2003), Leonel (2003), Martins (2003), Chizzotti (2007), Vêras (2006), Moraes (2006), Marcondes (2007), Paixão (2008), Sales (2008), Gionbelli (2010), Souza (2010), Marcondes (2010), Valente (2012), Rodrigues (2014), Amaral (2012), Costa e Silva et al. (2015a) e Zanetti et al. (2017), sendo utilizados dados referentes aos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) retidos no corpo dos animais (Tabela 10.5).

Esse banco de dados foi composto por 844 animais, sendo 432 machos não castrados, 255 machos castrados e 157 fêmeas. Ainda, os animais utilizados são oriundos dos seguintes grupos genéticos: zebuínos ($n = 515$) e cruzados ($n = 329$). Para a avaliação, a meta-análise foi o procedimento adotado em que classe sexual (machos não castrados, machos castrados e fêmeas), grupo genético (zebuínos,

cruzados de corte e cruzados de leite) e experimentos foram considerados como efeitos aleatórios.

Primeiramente, para os dados de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K), equações foram geradas separadamente quando diferenças foram observadas para classe sexual (machos não castrados, machos castrados e fêmeas) ou grupo genético (zebuínos, cruzados de leite e cruzados de corte). No caso dos cruzamentos, não foi verificada diferença ($P > 0,05$) para nenhum dos minerais, o que possibilitou a união dos dados e a divisão dos grupos genéticos em zebuínos e cruzados.

Além disso, no BR-CORTE (2010), dois métodos para estimar as exigências líquidas para ganho de Ca e P foram sugeridos: quadrático *plateau* e alométrico *plateau*. Na edição atual, esses métodos foram testados e o alométrico *plateau* foi o que apresentou as melhores estimativas (menores valores de quadrados médios do erro de predição, QMEP) sendo escolhido como o método padrão para estimar as exigências líquidas para ganho de Ca e P. Para Mg, Na e K, o modelo alométrico foi utilizado sem contudo estimar o *plateau* de deposição desses minerais, uma vez que os mesmos estão mais relacionados ao fluido corporal do que com a deposição nos ossos e tecidos corporais.

Por fim, devido à falta de dados na literatura para as exigências líquidas para ganho de S e microminerais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se e Zn), as recomendações foram feitas a partir dos estudos desenvolvidos por Costa e Silva et al. (2015a) e Zanetti et al. (2017); Tabela 10.6).

Tabela 10.5 - Estatística descritiva dos dados utilizados para estimar as exigências líquidas de macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) para ganho de peso de bovinos de corte

Grupo genético/sistema	Classe sexual	N	Item	PCVZ	GPCVZ	Ca (kg)	P (kg)	Mg (g)	Na (g)	K (g)
Zebuínos (confinamento)	Machos não castrados	142	Média	342	1,04	4,64	2,95	140	492	538
			DP	83,7	0,45	1,12	0,74	50,9	134	238
			Máximo	549	1,87	7,15	4,45	311	760	990
			Mínimo	172	-0,01	2,09	1,06	49,8	203	170
	Machos castrados	148	Média	311	0,84	5,66	2,59	103	410	605
			DP	88,6	0,49	1,13	0,76	30,7	141	219
			Máximo	460	2,30	7,97	4,20	168	640	1060
			Mínimo	104	-0,21	2,66	0,60	29,7	106	154
	Fêmeas	84	Média	226	0,55	4,41	1,56	81,6	323	311
			DP	64,1	0,37	1,00	0,57	28,5	153	71,0
			Máximo	368	1,25	7,15	2,76	150	708	495
			Mínimo	108	-0,13	2,78	0,64	34,0	110	177
Cruzados (confinamento)	Machos não castrados	149	Média	394	1,39	4,20	3,00	220	511	668
			DP	94,6	0,65	1,40	1,02	106	135	261
			Máximo	600	2,74	6,95	4,43	390	764	990
			Mínimo	167	0,17	1,53	0,78	45,7	284	156
	Machos castrados	107	Média	332	0,94	5,21	2,80	105	432	629
			DP	92,2	0,54	1,12	0,60	32,8	168	272
			Máximo	506	1,64	7,83	4,34	169	705	1046
			Mínimo	161	-0,09	3,13	1,60	48,0	125	131
	Fêmeas	73	Média	292	0,79	4,52	2,10	106	503	323
			DP	73,2	0,50	0,96	0,39	23,1	150	74,6
			Máximo	443	1,73	6,91	2,77	164	776	466
			Mínimo	175	-0,18	2,82	1,29	62,3	237	195
Zebuínos (pasto)	Machos não castrados	141	Média	308	0,33	5,34	2,20	139	591	751
			DP	106	0,27	1,28	0,84	58,0	236	455
			Máximo	604	0,90	8,30	3,72	265	1109	1662
			Mínimo	80,2	-0,41	2,70	0,39	70,0	180	170

Tabela 10.6 - Estatística descritiva dos dados utilizados para estimar as exigências líquidas de S e microminerais (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se e Zn) para ganho de peso de bovinos de corte

Item	n	Média	DP	Máximo	Mínimo
PCVZ (kg)	133	288	110	549	104
GPCVZ (kg/dia)	133	0,74	0,55	1,87	-0,02
S (g)	87	610	506	2197	86
Co (mg)	87	1480	1683	5193	12
Cr (mg)	87	1113	938	3736	154
Cu (mg)	87	1519	1161	4678	153
Mn (mg)	87	913	874	2801	112
Mo (mg)	46	9,05	3,96	19,3	2,81
Se (mg)	50	136	92	328	21
Zn (g)	87	20,4	20,2	65,0	2,17
Fe (g)	87	31,2	22,2	78,5	7,02

MACROMINERAIS

Na segunda edição do BR-CORTE, em 2010, uma compilação de dados referente aos coeficientes de absorção dos macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) foi realizada a partir de trabalhos encontrados na literatura (Tabela

10.7). Contudo, devido à variabilidade dos dados encontrados, principalmente no Brasil, as recomendações foram mantidas, ou seja, seguiram as sugestões propostas pelo NRC (2000) para Ca e P e pelo ARC (1980) para Mg, Na e K.

Tabela 10.7 - Coeficientes de absorção e de retenção dos macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) encontrados na literatura

Fonte	Coeficiente de absorção (%) ¹				
	Ca	P	Mg	Na	K
ARC (1980)	68	60	17	91	100
AFRC (1991)	-	58 a 70	-	-	-
NRC (2000)	50	68	-	-	-
NRC (2001) – forragens	30	80	-	81	-
NRC (2001) – concentrado	60	-	-	100	-
Marshal e Long (1971)	80	-	-	-	-
Blaney et al. (1982)	50	-	-	-	-
Field (1983b)	-	58	-	-	-
Ezequiel (1987) ²	62	72	52	66	100
Coelho da Silva et al. (1991) ²	-	-	16	76	-
Rosado (1991) ²	-	-	44	57	44
Valadares Filho et al. (1991) ²	-	-	57	-	-
Boin (1993) – Bezerros ²	-	78	-	-	-
Boin (1993) – Novilhos ²	-	58	-	-	-
Coelho da Silva et al. (1995) ²	72	63	38	54	-
Araújo et al. (2001) ²	59	56	45	94	78
Gionbelli (2010) ^{2,3}	55	56	16	19	4
Costa e Silva et al. (2015a) ^{2,3}	72	82	98	58	70
BR-CORTE (2016) ^{2,3}	57	68	36	37	43

¹Valores adotados na edição do BR-CORTE (2010) estão em negrito; ²Experimentos conduzidos no Brasil; ³Coefficientes de retenção.

No entanto, a partir do banco de dados gerado na edição atual, verifica-se que a excreção de alguns minerais na urina é relativamente baixa em função do mineral consumido, como por exemplo Ca (4,29%), P (4,33%), Cu (3,82%), Fe (3,59%), Mn (1,72%), Se (6,47%) e Zn (4,03%; Tabela 10.3). Porém, a excreção na urina de outros minerais foi considerada alta, como Na (39,3%), S (34,8%), Mg (24,9%), K (30,3%), Co (14,6%) e Cr (14,6%), o que impossibilita o uso do coeficiente de absorção como fator de conversão das exigências líquidas em dietéticas para todos os minerais. Assim, como forma de padronização, todos os coeficientes relatados nessa edição são os coeficientes de retenção verdadeira, visto que representam

diretamente a relação entre o mineral retido e o mineral consumido.

Cálcio

O cálcio (Ca) é o mineral encontrado em maior abundância no corpo do animal; cerca de 99% do Ca está presente nos ossos e dentes e 1% nos tecidos moles e fluidos corporais. O Ca está envolvido na coagulação sanguínea, contração muscular, transmissão de impulsos nervosos, regulação dos movimentos cardíacos, secreção de hormônios e ativação e estabilização de enzimas (Lalman, 2005). Os ruminantes têm pequena capacidade de excretar Ca absorvido em excesso às suas necessidades. A excreção urinária de Ca é pequena, enquanto que as perdas endógenas

fecais são constantes, o que indica que a absorção é regulada a nível intestinal (Field, 1983a). Neste contexto, Costa e Silva et al. (2015a) verificaram que, em média, 3,85% do Ca consumido foi excretado via urina e 47,9% foi excretado via fezes.

A partir de experimentos realizados por Hansard et al. (1954; 1957), em que a disponibilidade verdadeira, as exigências para manutenção e a utilização de Ca por bovinos foram estimadas por radioisótopos de Ca, o NRC (1984) recomendou as exigências líquidas de Ca para manutenção de 15,4 mg/peso corporal (PC) e devido à falta de trabalhos para alterar esta estimativa, manteve a recomendação nas edições posteriores (NRC, 2000; NRC, 2001). Além disso, o ARC (1965) considerou 16 mg/kg PC como as exigências líquidas de Ca para manutenção sendo 0,8 mg/kg PC relacionado às perdas urinárias. Enquanto que o AFRC (1991) sugere uma equação onde as perdas metabólicas fecais (PMF) estão em função do consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) e peso corporal dos animais, sendo que essa mesma equação foi adotada pelo CSIRO (2007):

$$\text{PMFCa (g/dia)} = 0,66 \times \text{CMS} + 0,74 \times \text{PC} - 0,74.$$

No Brasil, poucos trabalhos foram desenvolvidos visando estimar as exigências líquidas de Ca para manutenção. Ezequiel (1987) sugeriu que as exigências líquidas de Ca para manutenção foram 33,2; 43,5; e 26,1 mg/kg PC, utilizando animais Nelore, Holandês e $\frac{1}{2}$ HZ \times $\frac{1}{2}$ Zebu, respectivamente, estando esses valores acima das recomendações dos principais conselhos mundiais (ARC, 1980; NRC, 2000). No BR-CORTE (2010), dados de apenas um experimento (Gionbelli, 2010) foram utilizados e estimou-se que a exigência líquida para manutenção era de 26,5 mg/kg PC. Costa e Silva et al. (2015a), utilizando bovinos Nelore de três classes sexuais (machos não castrados, machos castrados e fêmeas), estimaram as exigências líquidas de Ca para manutenção de 20,0 mg/kg PC.

Contudo, a partir da meta-análise no banco de dados composto por 7 experimentos, verificou-se que as exigências líquidas de Ca para manutenção e o coeficiente de retenção foram estimados como 11,7 mg/kg PC e 56,8%, respectivamente (Figura 10.1).

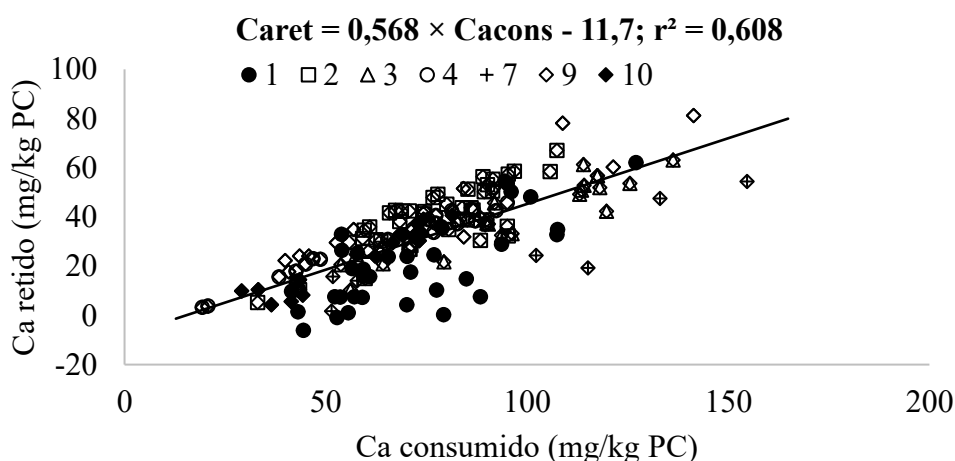


Figura 10.1 - Relação entre o Ca retido (Caret) e o Ca consumido (Cacons) em bovinos de corte. Costa e Silva et al. (2015a - 1 e 2), Zanetti (2014 - 3), Prados (2016 - 4), Gionbelli (2010 - 7), Prados (2012 - 9), Zanetti et al. (2017 - 10).

A partir dessa estimativa, observa-se que para um animal de 300 kg de PC, as exigências líquidas de Ca para manutenção seriam de 3,51 e 4,62 g/dia, considerando as estimativas do BR-CORTE e a recomendação do NRC (2000), respectivamente. Assim, percebe-se que o fornecimento de Ca para atender as perdas endógenas pode estar

superestimado, assim uma redução no fornecimento desse mineral para os animais deve diminuir as excreções via fezes para o meio ambiente.

Os conselhos nutricionais (ARC, 1980; AFRC, 1991; NRC, 2000; NRC, 2001) consideram que as perdas de minerais via urina são negligenciáveis sugerindo o uso do

coeficiente de absorção. O AFRC (1991) e o NRC (2001) relataram que o coeficiente de absorção seja 68 e 70%, respectivamente, enquanto o NRC (2000) reportou o valor de 50%. Considerando a média entre estes três conselhos, obtêm-se a estimativa de 62,7%, sendo este valor próximo ao encontrado nesta edição para o coeficiente de retenção. Assim, recomenda-se o uso do valor 56,8% como o coeficiente de retenção verdadeiro para bovinos de corte.

Sathler (2015) avaliou a absorção de Ca em diferentes locais ao longo do trato gastrointestinal e observou que a absorção de Ca no rúmen é dependente do fornecimento de uma fonte de Ca na dieta. Quando uma fonte inorgânica de Ca é fornecida na dieta, a absorção é em torno de 25%, enquanto que quando não há fornecimento, a absorção de Ca é de 5,86% no rúmen. Em contrapartida, esse autor encontrou resultados contrários quando a

absorção de Ca foi avaliada nos intestinos delgado e grosso. A absorção de Ca no intestino delgado foi de 3,02 e 10,5% para dietas contendo ou não uma fonte inorgânica de cálcio, respectivamente. Para o intestino grosso, os valores encontrados foram de 15,2 e 27,7%, respectivamente. Com isso, observa-se que quando existe o fornecimento de Ca inorgânico na dieta, a maior absorção de Ca é no rúmen enquanto que na falta de uma fonte inorgânica, a absorção ocorre majoritariamente nos intestinos delgado e grosso.

Quanto às exigências líquidas de Ca para ganho (ExLiGCa), diferenças ($P < 0,0001$) foram observadas para grupo genético, o que resultou na geração de equações diferentes (Tabela 10.8). Além disso, um *plateau* foi calculado para todas as equações, onde o mineral contido no corpo passou a ser constante e as ExLiGCa foram consideradas iguais a zero (Tabela 10.8).

Tabela 10.8 - Exigências líquidas de Ca para ganho e *plateau* de deposição de Ca em função do grupo genético (zebuínos e cruzados)

GG ¹	<i>Plateau</i>	Conteúdo corporal (kg)	ExLiGCa ² (g/dia)
Zebuínos	PCVZ < 462 kg	$0,294 \times \text{PCVZ}^{0,50}$	$\text{GPCVZ} \times (147 \times \text{PCVZ}^{-0,50})$
	PCVZ \geq 462 kg	6,32	0
Cruzados	PCVZ < 453 kg	$0,096 \times \text{PCVZ}^{0,68}$	$\text{GPCVZ} \times (66,0 \times \text{PCVZ}^{-0,32})$
	PCVZ \geq 453 kg	6,17	0

¹GG = grupo genético; ²ExLiGCa = exigências líquidas de Ca para ganho.

Fontes (1995) avaliou dados publicados na literatura brasileira e não encontrou efeito de grupo genético, quando os animais foram divididos em zebuínos, cruzados com raças leiteiras e cruzados com raças de corte. Contudo, esse autor verificou diferenças entre machos não castrados e machos castrados quanto às exigências líquidas, sendo que os machos castrados apresentaram menores valores para as exigências líquidas de Ca para ganho. Já Marcondes et al. (2009) não evidenciaram efeito de classe sexual sobre as ExLiGCa. Os diversos sistemas de exigências nutricionais (AFRC, 1991; NRC, 2000; CSIRO, 2007) também não levam em consideração os efeitos de classe sexual ou grupo genético sobre as exigências dietéticas de Ca. Assim, nessa edição do BR-CORTE, diferenças entre grupos genéticos podem ser observadas para as

ExLiGCa, sendo que zebuínos apresentam menores ExLiGCa quando comparados aos cruzados.

O NRC (2000) estimou as exigências de Ca para ganho em função do ganho diário de proteína como 7,1 g de Ca por 100 g de acréscimo de proteína no corpo do animal. Entretanto, Chizzotti et al. (2009) relataram que a deposição de Ca não segue o mesmo comportamento de deposição de proteína. Além disso, estes autores estimaram um *plateau* para deposição de Ca e P aos 416 kg de PCVZ para animais Nelore \times Angus, enquanto que 450 kg de PCVZ foi estimado como o *plateau* para deposição de proteína, o que representaria superestimativa das exigências desses minerais para PCVZ entre 416 e 450 kg, caso fossem calculados em função da deposição de proteína. No BR-CORTE (2010), um *plateau* comum para Ca e

P foi sugerido de 412 kg de PCVZ equivalente (469 kg PC para Nelore e 496 kg PC para cruzados). Nessa edição do BR-CORTE, observa-se que a inclusão de dados com animais mais pesados resultou em melhor ajuste e, assim, diferenças ($P < 0,001$) entre grupos genéticos puderam ser verificadas, resultando em estimativas das exigências líquidas para ganho separadamente (Tabela 10.8). Ainda, foi possível estimar um *plateau* para deposição de Ca para cada grupo genético. Assim, sugere-se que o PCVZ a partir do qual não existe mais deposição de Ca seja de 462 e 453 kg de PCVZ para zebuínos e cruzados, respectivamente.

Nos últimos anos, as exigências de minerais têm recebido grande atenção, devido principalmente à relação entre excreção dos minerais e a poluição ambiental. Neste sentido, Costa e Silva et al. (2015b) avaliaram o fornecimento de 43% de Ca das exigências propostas pela edição do BR-CORTE (2010) para machos castrados e fêmeas Nelore e verificaram que esta redução de Ca não influenciou o desempenho animal, o consumo e a digestibilidade dos nutrientes. Prados et al. (2015) avaliaram o fornecimento de 38% das exigências de Ca preconizadas pelo BR-CORTE (2010) na dieta de machos Holandês × Zebu não castrados e observaram que esta redução não afetou o desempenho e a concentração deste mineral nos ossos. Assim, esses autores concluíram que a redução deste mineral poderia representar decréscimo de custos nas operações em confinamento, bem como a diminuição da excreção deste mineral ao meio ambiente. Com isso, percebe-se que mais estudos devem ser realizados objetivando avaliar a redução no fornecimento de minerais na dieta de bovinos com o intuito de reduzir a excreção desse mineral.

Fósforo

O fósforo (P) é o segundo mineral mais abundante no organismo animal, sendo 80% encontrado nos ossos e dentes. O P é exigido para a formação e mineralização da matriz óssea. Os 20% restantes são distribuídos nos fluídos e tecidos onde possuem uma série de funções essenciais (Suttle, 2010). O P é um componente importante para o crescimento e a diferenciação dos ácidos ribonucleicos. Além disso, apresenta também um papel fundamental na regulação osmótica e equilíbrio ácido-base bem como na utilização de energia e transferência de elétrons, formação de fosfolípidios, transporte de ácidos graxos e formação de aminoácidos e proteínas (Suttle, 2010). O P é exigido pelos microrganismos do rúmen para o crescimento e metabolismo celular (NRC, 2000).

O P dietético que excede as exigências do animal não é absorvido ou, se for, é excretado na urina. A excreção de P via urina é baixa em condições normais, enquanto que grandes quantidades de P são recicladas pela saliva (ARC, 1965). Com isso, as exigências líquidas de P para manutenção têm sido calculadas pela soma das excreções metabólicas fecais e urinárias desse elemento. O ARC (1980) sugeriu que este valor deveria ser 12 mg/kg PC enquanto que o AFRC (1991) reformulou o cálculo das exigências de P para manutenção a partir de uma equação desenvolvida baseada em estudos com ovinos, em que as perdas metabólicas de P foram calculadas em função do CMS. Além disso, o NRC (2000) considera que as exigências líquidas de P para manutenção sejam de 16 mg/kg PC. A partir do banco de dados do BR-CORTE, as exigências líquidas de P para manutenção e o coeficiente de retenção verdadeiro foram estimadas em 13,5 mg/kg PC e 67,8%, respectivamente (Figura 10.2).

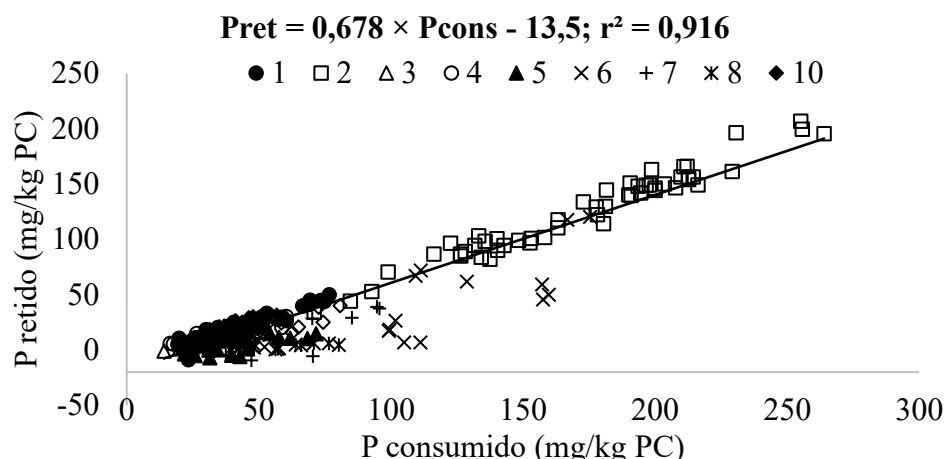


Figura 10.2 - Relação entre o P retido (Pret) e P consumido (Pcons) em bovinos de corte. Costa e Silva et al. (2015a - 1 e 2), Zanetti (2014 - 3), Prados (2016 - 4), Souza (2010 - 5), Marcondes (2010 - 6), Gionbelli (2010 - 7), Sathler (2015 - 8), Zanetti et al. (2017 - 10).

Sathler (2015) avaliou a absorção de P em dietas contendo ou não fornecimento de uma fonte inorgânica de P (fosfato bicálcico) e observou que independente do fornecimento de P, a absorção de P no rúmen é negativa em função da reciclagem de P via saliva que chega ao rúmen e não é considerada como entrada no sistema. Assim, existe a necessidade de avaliar a quantidade de P que é reciclada via saliva dependendo do nível de P na dieta. Além disso, esse autor verificou que 67,3 e 25,5% do P consumido é absorvido pelos intestinos delgado e grosso, respectivamente, sendo esses os principais locais de absorção de P. De acordo com o NRC (2000), as fontes suplementares de P podem ser ranqueadas quanto à disponibilidade (do maior para o menor): fosfato bicálcico, fosfato desfluorado e farinha de ossos (Peeler, 1972). Os conselhos internacionais (AFRC, 1991; NRC,

2000; NRC, 2001; CSIRO, 2007) relataram coeficientes de absorção de P variando de 58 a 75%. Considerando que os estudos que forneceram os dados para as estimativas dessa edição do BR-CORTE utilizaram o fosfato bicálcico como fonte suplementar de P, o valor de 67,8% é recomendado como coeficiente de retenção verdadeiro de P. Ainda, ressalta-se que diferentemente dos conselhos internacionais, essa edição do BR-CORTE considera o coeficiente de retenção, ao invés do coeficiente de absorção, uma vez que a excreção aparente de P na urina foi, em média, de 4,33% da quantidade consumida, não devendo assim, ser negligenciada.

As exigências líquidas de P para ganho (ExLiGP) são apresentadas na Tabela 10.9, e o PCVZ em que não há mais acréscimo significativo de P também foi estimado.

Tabela 10.9 - Exigências líquidas de P para ganho e *plateau* de deposição de P em função do grupo genético (zebuínos e cruzados)

GG	Plateau	Conteúdo corporal (kg)	ExLiGP ² (g/dia)
Zebuínos	PCVZ < 445 kg	$0,05995 \times \text{PCVZ}^{0,6446}$	$\text{GPCVZ} \times (38,6 \times \text{PCVZ}^{-0,36})$
	PCVZ ≥ 445 kg	3,05	0
Cruzados	PCVZ < 479 kg	$0,0339 \times \text{PCVZ}^{0,7496}$	$\text{GPCVZ} \times (25,4 \times \text{PCVZ}^{-0,25})$
	PCVZ ≥ 479 kg	3,46	0

¹GG = grupo genético; ²ExLiGP = exigências líquidas de P para ganho.

Da mesma forma que observada para o Ca, os sistemas de exigências nutricionais não consideram efeitos de classe sexual ou grupo genético sobre as exigências dietéticas de P.

No BR-CORTE (2010), esse efeito já havia sido observado; no entanto, com a inclusão de novos experimentos que foram desenvolvidos com animais que apresentaram PC maiores que

500 kg, foi possível detectar diferenças quanto ao grupo genético (zebuínos e cruzados) para estimar as ExLiGP (Tabela 10.9). Da mesma maneira que para Ca, o NRC (2000) estimou as exigências de P para ganho em função do ganho diário de proteína, sendo 3,9 g de P por 100 g de ganho proteico. Nessa edição, observa-se que os animais zebuínos apresentam ExLiGP maiores que para bovinos cruzados. Quanto ao PC para a estabilização da deposição de P, animais zebuínos e cruzados apresentaram PCVZ iguais a 445 e 479 kg, respectivamente.

Recentes publicações têm abordado a necessidade de redução do impacto ambiental causado pelo excesso de P excretado por bovinos (Vasconcelos et al., 2007; Costa e Silva et al., 2015b; Prados et al., 2015). Costa e Silva et al. (2015b) verificaram que a redução de 20% de P na dieta de bezerros Nelore não impactou no consumo e na digestibilidade dos nutrientes bem como no desempenho dos animais; enquanto que Prados et al. (2015) avaliaram que a redução de 14% das exigências de P a partir daquela preconizada pelo BR-CORTE (2010) na dieta de bovinos cruzados não afetou o desempenho e a concentração de P nos ossos. Neste contexto, Erickson et al. (1999; 2002) não observaram diferenças no desempenho de novilhos alimentados com 71 ou 162% das exigências de P preconizadas pelo NRC (2000) ou bezerros alimentados com 76 e 190% das exigências de P preconizadas pelo mesmo sistema. Call et al. (1978) alimentaram novilhas de corte por um período de dois anos com 66 e 174% das exigências de P recomendadas pelo NRC (2000) e não observaram diferenças para o ganho de peso. Isso demonstra que as exigências dietéticas de P podem ser reduzidas sem interferir no desempenho dos animais, o que indica que o excesso de P fornecido na dieta está sendo excretado nas fezes. Além disso, percebe-se que a nutrição mineral de bovinos está longe de ser totalmente esclarecida e recomenda-se a continuidade de pesquisas nessa área para um melhor entendimento do metabolismo mineral de bovinos.

O ARC (1980) relata que a razão entre Ca e P na dieta de ruminantes é importante, pois ambos minerais participam conjuntamente da formação óssea, sendo

recomendada que essa razão esteja entre 1:1 a 2:1. Assim, uma relação inadequada de Ca:P pode alterar as exigências de manutenção desses minerais, caso um deles esteja deficiente na dieta. Hansard e Plumlee (1954) observaram um aumento da excreção metabólica de P, quando a ingestão de Ca foi baixa e sugeriram que uma parte do excesso de P que seria utilizado para a deposição óssea é excretada, quando existe uma quantidade insuficiente de Ca no sangue para a calcificação óssea. Costa e Silva et al. (2015a) encontraram uma relação Ca:P média de 2,15:1 para bovinos Nelore de três classes sexuais criados em confinamento. Neste contexto, Zanetti et al. (2017), avaliando relações Ca:P variando de 0,63 a 1,82, verificaram que a redução do fornecimento de Ca e P na dieta não interferiu no comportamento alimentar, consumo de nutrientes e desempenho de machos Nelore não castrados nas fases de crescimento e terminação. Além disso, esse autor observou que o menor fornecimento desses minerais reduziu a excreção fecal de Ca e P, resultando em menor impacto ambiental.

Nessa edição do BR-CORTE, a relação entre Ca e P foi de 1,46:1, sendo esta relação próxima ao limite inferior preconizado pelo NRC (2000). Entretanto, o NRC (2000) enfatizou que o efeito da razão Ca:P no desempenho de ruminantes foi avaliado (Dowe et al., 1957; Wise et al., 1963) e as razões de Ca:P variando entre 1:1 e 7:1 resultaram em desempenho animal similar.

Magnésio

Aproximadamente 70% do magnésio corporal é localizado nos ossos, os outros 30% atuam nos músculos e em outros tecidos moles. Apenas 1% do Mg é encontrado nos fluidos extracelulares. Nesses tecidos, o Mg atua no metabolismo energético, principalmente através do complexo Mg-ATP, manutenção dos potenciais elétricos e ativação enzimática. Logo, a manutenção das concentrações ideais de Mg para funcionamento dessas funções é essencial. De acordo com ARC (1980), as perdas endógenas de Mg via urina são ignoradas. Contudo, a partir dos dados utilizados nessa edição do BR-CORTE, observa-se que, em média, 49,5% do Mg consumido (Tabela 10.3) é excretado nas fezes, enquanto que 24,0% do Mg consumido

é excretado via urina. Portanto, a excreção urinária de Mg é expressiva e deve ser considerada no intuito de estimar o coeficiente de retenção de Mg. Com isso, o coeficiente de retenção de Mg foi 35,5% (Figura 10.3). O ARC (1980) considerou um valor médio de 29,4% como o coeficiente de absorção; no entanto, o NRC (2000) e o NRC (2001) recomendaram o coeficiente de absorção de

Mg de 17%. Assim, o valor de 35,5% está acima dos valores encontrados na literatura. Em relação às exigências líquidas de Mg para manutenção, o ARC (1980) e o NRC (2001) sugeriram o valor de 3,0 mg/kg PC. Nessa edição do BR-CORTE, o valor estimado para exigências líquidas de Mg para manutenção foi de 5,9 mg/kg PC (Figura 10.3).

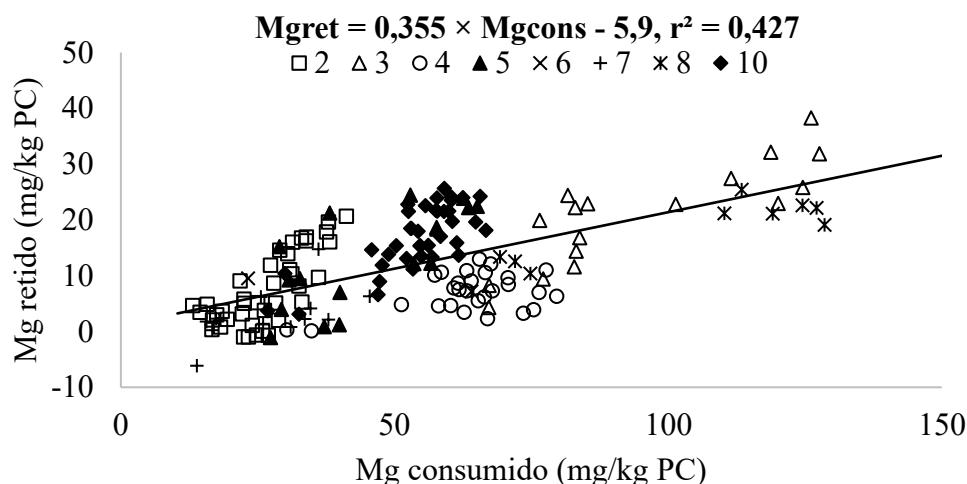


Figura 10.3 - Relação entre Mg retido (Mgret) e Mg consumido (Mgcons) em bovinos de corte. Costa e Silva et al. (2015a - 2), Zanetti (2014 - 3), Prados (2016 - 4), Souza (2010 - 5), Marcondes (2010 - 6), Gionbelli (2010 - 7), Sathler (2015 - 8), Zanetti et al. (2017 - 10).

No BR-CORTE (2010), as exigências líquidas de Mg para ganho (ExLiGMg) foram estimadas a partir do GPCVZ, sendo observado efeito do grupo genético. No entanto, como forma de padronização das

exigências dos minerais, a última edição do BR-CORTE adotou o método alométrico. Assim, as ExLiGMg foram estimadas e o efeito de grupo genético continuou a ser observado (Tabela 10.10).

Tabela 10.10 - Exigências líquidas de Mg para ganho em função do grupo genético (zebuínos e cruzados)

GG	Conteúdo corporal (g)	ExLiGMg ²
Zebuínos	$0,3427 \times \text{PCVZ}^{1,0113}$	$\text{GPCVZ} \times (0,3466 \times \text{PCVZ}^{0,0113})$
Cruzados	$1,3918 \times \text{PCVZ}^{0,7614}$	$\text{GPCVZ} \times (1,0597 \times \text{PCVZ}^{-0,2386})$

¹GG = grupo genético; ²ExLiGMg = exigências líquidas de Mg para ganho.

Sódio

Dentre os íons atuantes no equilíbrio osmótico, o sódio é o que apresenta maior concentração. Além disso, o Na contribui para contração muscular, transmissão de impulsos nervosos e transporte de outros nutrientes, a exemplo de glicose. Do sódio proveniente na dieta, o ARC (1980) sugere que seja completamente livre e, portanto, é completamente absorvido. Logo, o conceito de

perdas endógenas fecais não se aplicaria a esse mineral. Porém, a quantidade de Na nas fezes e urina é, em média, de 37,5 e 38,6% do Na consumido, respectivamente (Tabela 10.3). Baseado nesses dados, as exigências líquidas de Na para manutenção e o coeficiente de retenção verdadeiro foram estimados como 6,3 mg/kg PC e 37,1%, respectivamente (Figura 10.4). Com isso, as exigências líquidas de Na para manutenção foram menores que os valores

sugeridos pelo ARC (1980) e NRC (2001) de 6,8 e 15 mg/kg PC, respectivamente. Conforme Aitken (1976), as perdas de Na pela saliva são desprezíveis, exceto para bovinos não aclimatados criados em condições tropicais,

onde a perda de Na via saliva é de 1,4 g/dia para cada 100 kg de PC. Contudo, não existem dados de animais criados em condições tropicais que avaliaram as perdas endógenas pela pele e saliva.

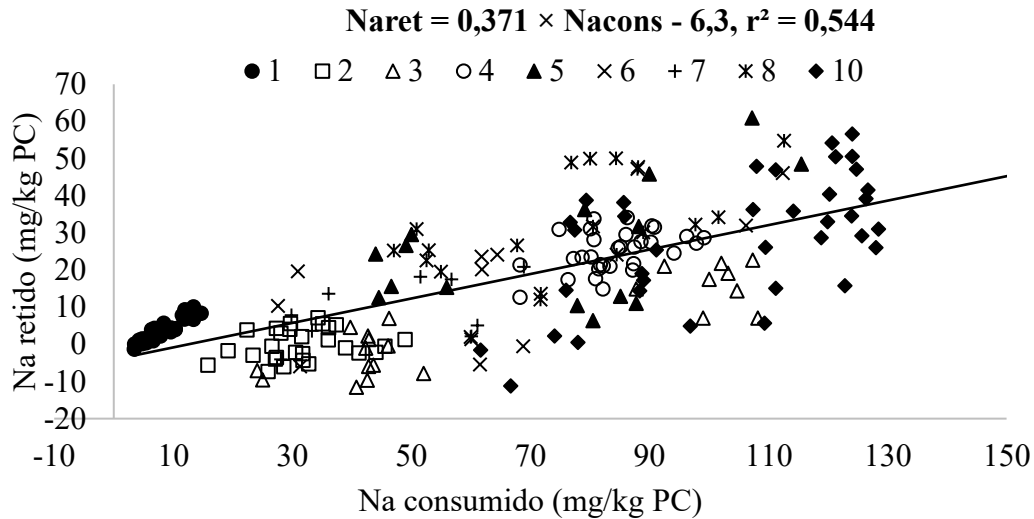


Figura 10.4 - Relação entre Na retido (Naret) e Na consumido (Nacons) em bovinos de corte. Costa e Silva et al. (2015a - 1 e 2), Zanetti (2014 - 3), Prados (2016 - 4), Souza (2010 - 5), Marcondes (2010 - 6), Gionbelli (2010 - 7), Sathler (2015 - 8), Zanetti et al. (2017 - 10).

Quanto ao coeficiente de retenção, o NRC (2000) e NRC (2001) recomendam 91 e 90% como o coeficiente de absorção de Na, respectivamente. Contudo, a partir dos dados do BR-CORTE, estima-se que o coeficiente de retenção de Na seja 37,1% (Figura 10.4). Essa diferença possivelmente se deve à excreção de Na na urina não ter sido contabilizada pelos conselhos internacionais (NRC, 2000; NRC, 2001), uma vez que há em torno de 38,6% de Na na urina. Ressalta-se que algumas dietas usadas para estimar as exigências usaram o bicarbonato de sódio e o óxido de magnésio

como agentes tamponantes e alcalinizantes, respectivamente, o que pode ter contribuído para aumentar as excreções urinárias desses minerais.

No BR-CORTE (2010), efeitos de classe sexual e grupo genético foram identificados sobre as exigências líquidas de Na para ganho (ExLiGNa). Contudo, o modelo utilizado foi o mesmo recomendado para Mg. Assim, a partir do modelo alométrico, foi observado efeito do grupo genético sobre as ExLiGNa (Tabela 10.11).

Tabela 10.11 - Exigências líquidas de Na para ganho em função do grupo genético (zebuínos e cruzados)

GG ¹	Conteúdo corporal (g)	ExLiGNa ² (g/dia)
Zebuínos	$7,9897 \times PCVZ^{0,7002}$	$GPCVZ \times (5,594 \times PCVZ^{-0,2998})$
Cruzados	$2,0985 \times PCVZ^{0,942}$	$GPCVZ \times (1,977 \times PCVZ^{-0,058})$

¹GG = grupo genético; ²ExLiGNa = exigências líquidas de Na para ganho.

O sal comum (NaCl) é rotineiramente utilizado como fonte de Na na alimentação de ruminantes. Uma das principais razões para o desejo inato dos ruminantes em consumir sal foi durante muitos anos justificado como reflexo das exigências dietéticas e estado fisiológico (Cheeke, 2005). Contudo, os ruminantes possuem grande

apetite por sal, consumindo quantidades bem superiores às necessárias (Morris, 1980). Com isso, o melhor indicativo do status nutricional de Na é sua relação com o K, que deve ser por volta de 20:1. As dietas de herbívoros geralmente apresentam alto teor de K, devido à sua elevada concentração em forragens, o que pode provocar

baixas relações Na:K (que podem atingir um limite mínimo de 10:1), fator este que pode contribuir para o maior apetite de herbívoros por Na.

Ruminantes possuem grande habilidade de conservar Na no rúmen, pois o mesmo pode ser absorvido para a corrente sanguínea em caso de deficiência de Na, enquanto que o K, nesse caso, é substituído do Na na saliva (Cheeke, 2005). A deficiência de Na pode levar à diminuição da pressão osmótica, que pode resultar em desidratação corporal. Dentre os sintomas de deficiência de Na, estão a diminuição no crescimento e perda de eficiência de uso da proteína e energia (McDonald et al., 2002), além de apetite depravado (Underwood e Suttle, 1999).

Potássio

O potássio é o terceiro íon mais abundante no corpo, e o mais presente no meio intracelular. Apresenta, assim como o Na, importantes funções na manutenção do equilíbrio osmótico, na contração muscular,

transmissão de impulsos nervosos, além de atuar em alguns sistemas enzimáticos. No que diz respeito às perdas endógenas de K, o ARC (1980) separou as estimativas em fecal (2,6 g/kg MS), urinária (37,5 mg/kg PC), salivar (0,7 g/100 kg PC) e pela pele (1,1 g/dia), sendo as exigências líquidas de K para manutenção calculadas como a soma dessas perdas. Essas estimativas foram adotadas pelo BR-CORTE em 2010. Contudo, os dados utilizados pelo ARC (1980) foram oriundos de apenas um estudo (St. Omer e Roberts, 1967) em que 9 novilhas foram usadas, em 3 quadrados latinos 3 × 3, para avaliar o balanço dos minerais. Objetivando padronizar as exigências líquidas para manutenção, as estimativas a partir do banco de dados do BR-CORTE foram de 23,5 mg/kg PC para as exigências líquidas de K para manutenção (Figura 10.5). Esse valor é menor que o recomendado pelo NRC (2001) de 38 mg/kg PC.

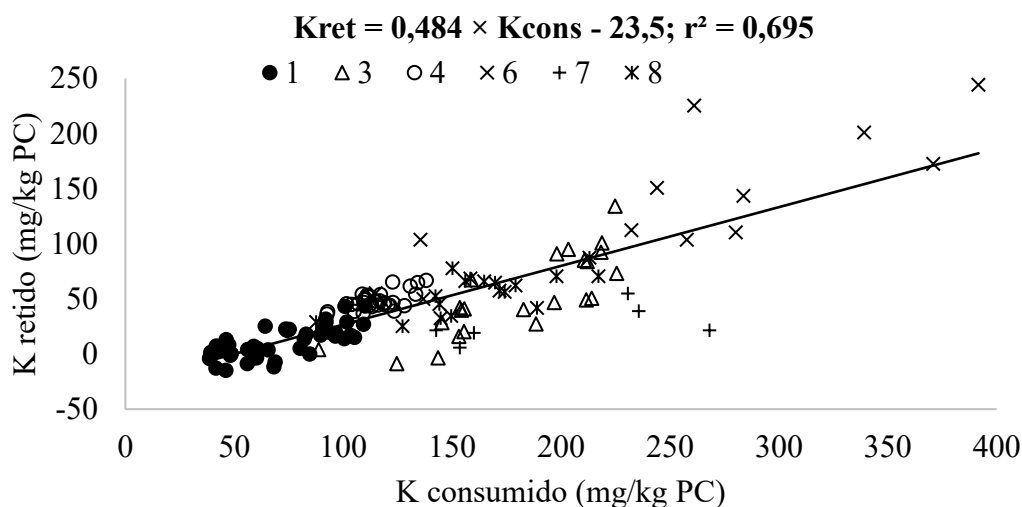


Figura 10.5 - Relação entre K retido (K_{ret}) e K consumido (K_{cons}) em bovinos de corte. Costa e Silva et al. (2015a - 1), Zanetti (2014 - 3), Prados (2016 - 4), Marcondes (2010 - 6), Gionbelli (2010 - 7), Sathler (2015 - 8).

Ward (1966) relatou que o K é absorvido no rúmen, abomaso e intestinos delgado e grosso. Sathler (2015) avaliou a absorção de K nos diferentes locais do trato digestivo e observou que há absorção negativa de K no rúmen e no intestino grosso, ou seja, a secreção de K para o trato gastrointestinal é maior que a absorção desse mineral. No rúmen, a maior quantidade de K que chega é devido às secreções salivares de K, que não foram

quantificadas como consumo. Quanto ao intestino grosso, a maior secreção de K deve-se ao balanço eletrostático que ocorre neste local uma vez que a absorção de Na é alta (Sathler, 2015).

O ARC (1980) assumiu o coeficiente de absorção de K como sendo 100%, enquanto que o NRC (2001) considerou o valor de 90%. Esse alto valor de coeficiente de absorção pode ser justificado por Ward (1966), que indicou

que a urina é a principal rota de excreção de K, enquanto que as reservas corporais de K são mínimas. No banco de dados desenvolvido para a última edição do BR-CORTE, observa-se que a excreção de K nas fezes não pode ser negligenciada e que as excreções urinárias de K não representam a totalidade da excreção diária de K. Portanto, observou-se que as excreções aparentes fecais e urinárias de K foram, em média, 35,3 e 30,3% do consumido (Tabela 10.3), respectivamente, o que proporcionou um coeficiente de retenção de 48,4%, consideravelmente inferior ao preconizado até o momento pelos diversos

sistemas internacionais de exigências nutricionais. Isso mostra que não existe uma rota preferencial para excreção de K. Assim, o coeficiente de retenção verdadeiro obtido foi de 48,4% (Figura 10.5) sendo este valor recomendado nessa edição do BR-CORTE.

Para as exigências líquidas de K para ganho (ExLiGK), foi observado efeito de grupo genético, o que resultou em equações distintas para animais zebuínos e cruzados (Tabela 10.12). Houve uma redução em torno de 17% das ExLiGK em relação ao BR-CORTE (2010).

Tabela 10.12 - Exigências líquidas de K para ganho em função do grupo genético (zebuínos e cruzados)

GG ¹	Conteúdo corporal (g)	ExLiGK ²
Zebuínos	$0,8437 \times \text{PCVZ}^{1,1216}$	$\text{GPCVZ} \times (0,9463 \times \text{PCVZ}^{0,1216})$
Cruzados	$0,2589 \times \text{PCVZ}^{1,3200}$	$\text{GPCVZ} \times (0,3418 \times \text{PCVZ}^{0,3200})$

¹GG = grupo genético; ²ExLiGK = exigências líquidas de K para ganho.

Enxofre

O S é um mineral que participa da composição de diversas substâncias, tais como aminoácidos (metionina, cistina e cisteína), hormônios (insulina e ocitocina) e moléculas ricas em cisteína (metaloteínas), que são importantes na proteção dos animais contra o excesso de Cu, Cd e Zn (Suttle, 2010).

Apesar dos sistemas americanos (NRC, 2000; NRC, 2001) afirmarem que as exigências dietéticas de S para bovinos de

corte e de leite não estão bem definidas, esses conselhos recomendam que as exigências dietéticas de S devam estar entre 1,5 e 2,0 g/kg CMS. Contudo, nenhuma recomendação quanto às exigências líquidas de S para manutenção e o coeficiente de retenção foi apresentada. Assim, a partir do banco de dados dessa edição, as exigências líquidas de S para manutenção e o coeficiente de retenção para bovinos Nelore foram estimadas como 10,4 mg/kg PC e 77,3%, respectivamente (Figura 10.6).

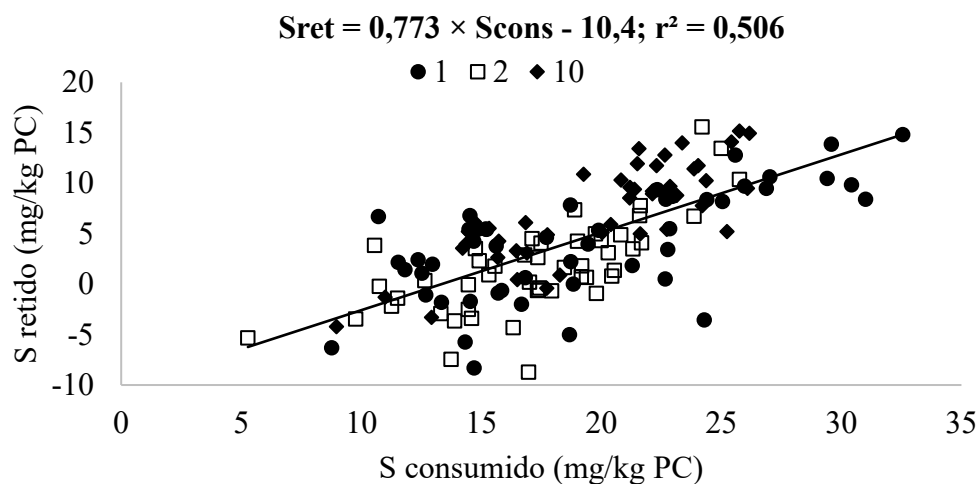


Figura 10.6 - Relação entre S retido (Sret) e S consumido (Scons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

Quanto às exigências líquidas de S para ganho (ExLiGS), dados apenas do estudo de Costa e Silva et al. (2015a) estão disponíveis, sendo a recomendação a partir da seguinte equação:

$$\text{ExLiGS} = \text{GPCVZ} \times (0,03 \times \text{PCVZ})^{0,89}.$$

Diferentemente do observado para os outros macrominerais, o expoente da equação foi positivo, o que permite inferir que a medida que o animal cresce (aumenta o PCVZ), as exigências líquidas de S para ganho de peso aumentam.

Quando expresso em gramas por quilograma de CMS, as exigências dietéticas de S são estimadas, em média, como 1,36 g/kg CMS, estando esse valor próximo ao recomendado pelo NRC (2000) e abaixo do preconizado pelo NRC (2001). Neste caso, Costa e Silva et al. (2015a) relataram que essa diferença pode ter ocorrido pois os dados provenientes do NRC (2001) foram oriundos de apenas um estudo (Bouchard e Conrad, 1973), que utilizou vacas Holandesas no terço médio de lactação e que produziam de 30 a 37 kg de leite/dia. Contudo, ressalta-se que mais estudos avaliando as exigências dietéticas de S são necessários a fim de melhorar a acurácia das estimativas para esse mineral.

Cloro

O Cl é o principal ânion presente no fluido extracelular animal. Esse mineral é necessário para a formação de HCl no suco gástrico e para a ativação da amilase. Assim como o Na, o Cl também está envolvido na manutenção da pressão osmótica, controle do balanço hídrico e regulação do equilíbrio ácido-base (Underwood, 1981). Atualmente, os estudos avaliando a inclusão de cloretos na dieta estão mais relacionados ao controle de microrganismos, como *Escherichia coli* no trato gastrointestinal (Callaway et al., 2002; Anderson et al., 2005), do que propriamente avaliar as exigências dietéticas deste mineral.

Assim, as exigências líquidas de Cl para manutenção e o coeficiente de retenção em bovinos de corte não estão definidas (Underwood e Suttle, 1999), enquanto que deficiências de Cl não parecem prováveis em condições práticas (NRC, 2000). Informações sobre perdas endógenas de Cl não foram encontradas na literatura; entretanto, o ARC (1980) considera que é possível que exista uma perda na urina inevitável, da mesma forma como acontece para o Na. Conforme Aitken

(1976), bovinos criados em condições tropicais possuem maior exigência de Cl para manutenção, em função das perdas pela pele e saliva, sendo sugerida uma exigência de Cl de 1,6 g/dia para um bovino de 500 kg de PC criado em condições tropicais, exposto aproximadamente 7 horas por dia a uma temperatura de 40°C e umidade relativa do ar de 90%, condições estas possíveis de serem observadas em animais em pastejo em clima tropical. Para as perdas via saliva, a recomendação é de 0,9 g/dia para cada 100 kg de PC.

Quanto à absorção de Cl em bovinos, Smith et al. (2012) realizaram uma compilação de trabalhos que avaliaram diversos cloratos, em que foi utilizado um isótopo do Cl como marcador (^{36}Cl -clorato), e observaram que a absorção de clorato de sódio (NaClO_3) em bovinos foi, em média, de 12,6%.

O ARC (1980) estimou as exigências dietéticas diárias de bovinos de corte ganhando 1,0 kg/dia de peso corporal como 0,7 gramas por quilograma de MS consumida (g/kg MS). No Brasil, como não existem trabalhos estimando as exigências dietéticas de Cl, sugere-se que o valor apresentado pelo ARC (1980) seja utilizado.

MICROMINERAIS

Devido à falta de estudos na literatura que avaliaram as exigências dietéticas dos microminerais, as recomendações dessa edição do BR-CORTE foram baseadas em apenas dois estudos (Costa e Silva et al., 2015a; Zanetti et al., 2017) sendo a estatística descritiva apresentada na Tabela 10.4.

Cobre

As funções do cobre no organismo estão relacionadas ao metabolismo de lipídeos e à ativação de uma série de enzimas, a exemplo da citocromo oxidase, ceruloplasmina e superóxido dismutase. O principal órgão de reserva de Cu é o fígado, onde as concentrações sofrem influência das concentrações dietéticas. Costa e Silva et al. (2015a) observaram consumo médio de Cu igual a 83,5 mg/dia, com a retenção de Cu de 25,4 mg/dia, o que representa que apenas 30,4% do que foi consumido é realmente retido no corpo dos animais. Em contrapartida, 65,7% do que foi consumido é, em média, excretado nas fezes enquanto que 3,8% é excretado na urina (Tabela 10.3). Neste

sentido, Sathler (2015), avaliando a inclusão ou não de macrominerais e/ou microminerais na dieta de machos Nelore não castrados observou que a excreção fecal de Cu variou de 38,2 a 61,2% do que foi consumido, dependendo do fornecimento ou não de macrominerais e/ou microminerais. Contudo, a excreção urinária de Cu não foi avaliada.

As exigências líquidas de Cu para manutenção foram 95,6 $\mu\text{g}/\text{kg}$ PC (Figura 10.7), sendo esse valor acima do recomendado pelo

ARC (1980) que considerou as exigências líquidas de Cu para manutenção como 7,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ PC; contudo para chegar a esse valor, o ARC (1980) assumiu uma equação que leva em consideração consumo de Cu, perda hepática de Cu e mudanças no PC. Enquanto isso, o sistema australiano (CSIRO, 2007) adotou o valor de 4,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ PC como as exigências de Cu para manutenção a partir de resultados de apenas um estudo (Suttle, 1974) que avaliou a biodisponibilidade de Cu em ovinos.

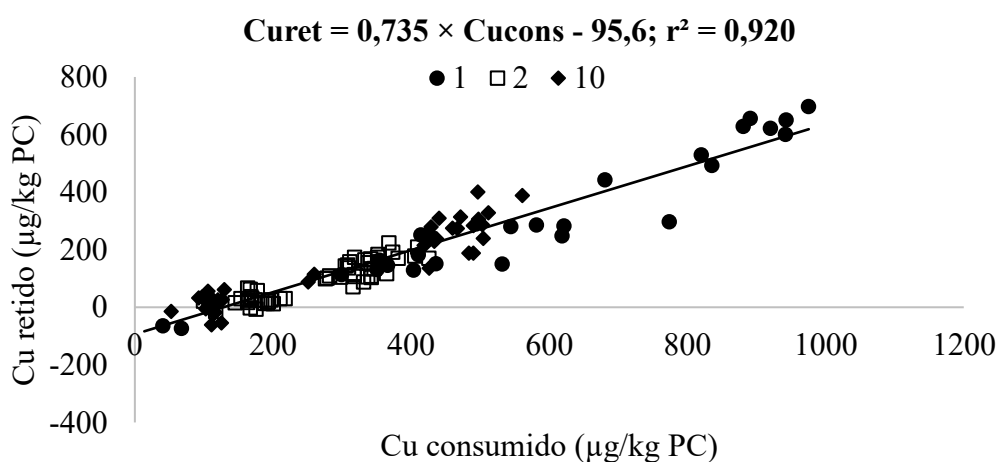


Figura 10.7 - Relação entre Cu retido (Curet) e Cu consumido (Cucons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

A absorção de Cu em ruminantes é considerada baixa (<1,0 a 10,0%) em relação aos valores descritos para monogástricos (Underwood e Suttle, 1999). Bezerros absorvem cerca de 70% do Cu presente na dieta, enquanto um bovino adulto absorve de 1 a 5% (NRC, 2001). Isso se deve, em grande parte, pelas complexas interações que ocorrem no ambiente ruminal (Sathler, 2015). Contudo, Sathler (2015) observou coeficientes de absorção para Cu variando de 38,2 a 61,2%, dependendo do fornecimento ou não de macrominerais e/ou microminerais, sendo que a menor absorção foi observada quando houve fornecimento de macrominerais sem microminerais.

Diversos fatores afetam a absorção de Cu em ruminantes, como a alta concentração de Mo e S na dieta, que são capazes de interagir com o Cu formando tiomolibdatos, sendo este um complexo insolúvel, que torna o Cu indisponível para absorção (Suttle, 1991). Segundo o NRC (2001), os requerimentos de Cu variam de 4 a 15 mg/kg MS dependendo da

concentração de Mo e S na dieta. Assim, estudos que avaliem a interferência de Mo e S na absorção de Cu devem ser conduzidos no intuito de averiguar a quantidade extra de Cu que deve ser suprida aos animais, para que não haja deficiência. Além disso, alguns estudos demonstraram que ocorre redução na absorção ruminal de Cu quando Ca é adicionado à dieta (Dick, 1954; Kirchgessner e Weser, 1965). Sathler (2015) verificou que, dependendo da suplementação mineral, a absorção de Cu no rúmen, intestino delgado e intestino grosso varia conforme a inclusão ou não de macrominerais e/ou microminerais.

Costa e Silva et al. (2015a) sugeriram que a melhor forma de estimar as exigências dietéticas seria utilizando o coeficiente de retenção, uma vez que as excreções urinárias dos minerais não podem ser desconsideradas, que no caso do Cu foram de 3,8%. Assim, o coeficiente de retenção considerado foi de 73,5% (Figura 10.7). Esse valor é bem acima do que foi reportado pelo ARC (1980), de 6%, considerado como o coeficiente de absorção

hepática. Contudo, de acordo com o ARC (1980), a eficiência de absorção e retenção hepática não foi avaliada em bovinos e, assim, a recomendação desse conselho foi baseada em estudos utilizando ovinos.

As exigências líquidas de Cu para ganho de peso foram estimadas como sendo:

$$\text{ExLiGCu} = \text{GPCVZ} \times (1,25 \times \text{PCVZ}^{0,33})$$

em que GPCVZ é o ganho diário de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo vazio em kg (Costa e Silva et al., 2015a). Da mesma forma que obtido para o S, como o expoente da equação foi positivo, conclui-se que a medida que o animal cresce (aumenta o PCVZ), as exigências líquidas de Cu para ganho de peso aumentam.

Mullis et al. (2003) estimaram as exigências dietéticas de Cu para novilhas das raças Angus e Simental como sendo 7 mg/kg CMS. Segundo o NRC (2000), as exigências dietéticas de cobre podem variar de 4 a 15 mg/kg CMS dependendo da concentração de molibdênio e enxofre na dieta. Assim, o NRC (2000) recomenda a concentração de Cu na dieta de bovinos de corte de 10 mg/kg CMS. Contudo, essas recomendações não consideraram a quantidade de Cu que foi fornecida na dieta, considerando apenas o que foi utilizado na suplementação. Dessa forma, Costa e Silva et al. (2015a) avaliaram a composição da dieta basal e verificaram que as exigências para bovinos da raça Nelore foram, em média, 9,53 mg/kg CMS,

sendo esse valor o recomendado para bovinos Nelore para as exigências dietéticas de Cu.

Ferro

O Fe é um importante componente de diversas proteínas que participam da utilização e transporte de oxigênio, tais como hemoglobina, que contém 50% de todo o Fe presente no corpo do animal, mioglobina, citocromos e proteínas ferrossulfurosas envolvidas na cadeia transportadora de elétrons (NRC, 2000). Além disso, o fornecimento insuficiente de Fe poderá reduzir as reservas corporais e a concentração de Fe presente no plasma e na hemoglobina do sangue (Thomas, 1970). No entanto, nenhum estudo havia sido conduzido visando estimar as exigências líquidas de Fe para manutenção e o coeficiente de retenção, bem como as exigências dietéticas de Fe para bovinos de corte.

O NRC (2000) utilizou resultados de dois experimentos (Bremmer e Dalgarno, 1973; Bernier et al., 1984) que avaliaram a suplementação com Fe em bezerros alimentados com leite na prevenção de anemia e concluíram que o fornecimento de 40 a 50 mg/kg CMS é adequado para permitir o crescimento dos animais e prevenir anemia. Contudo, as exigências para animais mais pesados não foram definidas experimentalmente. Neste sentido, as exigências líquidas para manutenção e o coeficiente de retenção de Fe foram estimadas como 2,9 mg/kg PC e 73,4%, respectivamente (Figura 10.8).

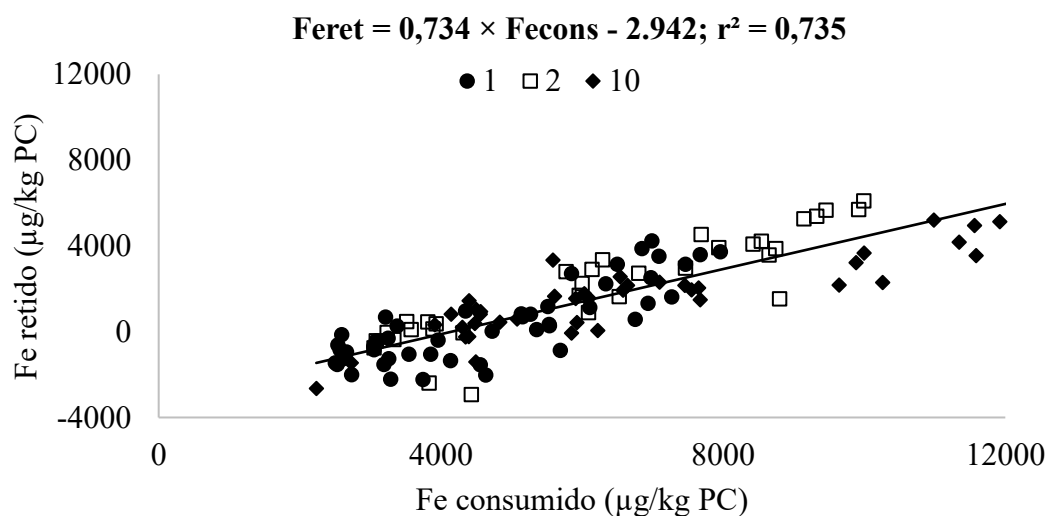


Figura 10.8 - Relação entre Fe retido (Feret) e Fe consumido (Fecons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

Para as exigências líquidas de Fe para ganho de peso, a equação sugerida por Zanetti et al. (2017) foi utilizada:

$$\text{ExLiGFe} = \text{GPCVZ} \times (10,4 \times \text{PCVZ}^{0,24}).$$

Com isso, observa-se que as exigências dos animais aumentam à medida que o animal cresce, porém a uma taxa menor que o corpo cresce. Fato similar ao que o NRC (2000) sugeriu que à medida que o animal cresce as exigências seriam menores, pois o volume sanguíneo não aumenta proporcionalmente ao PC.

Ao avaliar as exigências dietéticas como mg/kg CMS, sugere-se, em média, o valor de 166 mg/kg CMS; esse valor está muito acima do preconizado pelo NRC (2000), de 50 mg/kg CMS. Contudo, ressalta-se que a concentração de Fe na dieta basal foi levada em consideração nessa edição, enquanto que não foi considerado nos trabalhos citados pelo NRC (2000), uma vez que os estudos avaliaram apenas a suplementação de Fe, descartando a quantidade de Fe que foi fornecida pelo leite aos animais.

Manganês

A quantidade de Mn no corpo é largamente distribuída pelos tecidos e fluídos e pode variar quanto a espécie, idade, órgãos, e em relação à presença de outros microminerais na dieta. Alguns estudos (Bentley e Phillips, 1951; Rojas et al., 1965; DiCostanzo et al., 1986) observaram diferenças quanto ao fornecimento de diferentes níveis de Mn em aspectos reprodutivos, mas sem efeito no desempenho animal. Assim, Schroeder et al.

(1966) recomendaram a quantidade de 20 a 25 mg/kg CMS para um animal ter ótimo desenvolvimento esquelético.

As exigências líquidas para manutenção e o coeficiente de retenção de Mn foram estimadas em 184,9 µg/kg PC e 43,9%, respectivamente (Figura 10.9). O NRC (2001) sugeriu os valores de 2 µg/kg PC e 75% como as exigências líquidas para manutenção e o coeficiente de absorção de Mn, respectivamente. No entanto, alguns autores (Sansom et al., 1978; Sullivan et al., 1979; Van Bruwaene et al., 1984) sugeriram que apenas de 1 a 4% do Mn é absorvido, independente da sua concentração na dieta, e que o principal local de absorção seria o intestino delgado. Sathler (2015) avaliou os coeficientes parciais de absorção no rúmen, intestino delgado e grosso e verificou que o principal local de absorção foi o rúmen. Além disso, foi observado uma absorção aparente média de 35,1% do Mn. Hurley e Keen (1987) reportaram que altas concentrações de outros minerais tais como Ca, P e Fe na dieta diminuem a absorção de Mn. Sathler (2015) observou, ainda, que dietas com maiores concentrações de macrominerais e microminerais apresentaram o coeficiente de absorção 15% inferior à dieta que continha microminerais mas sem macrominerais. Contudo, esse autor verificou que a absorção de Mn no intestino delgado utilizando o tratamento com todos os minerais foi maior comparado ao tratamento sem macrominerais, não alterando o coeficiente de absorção aparente total.

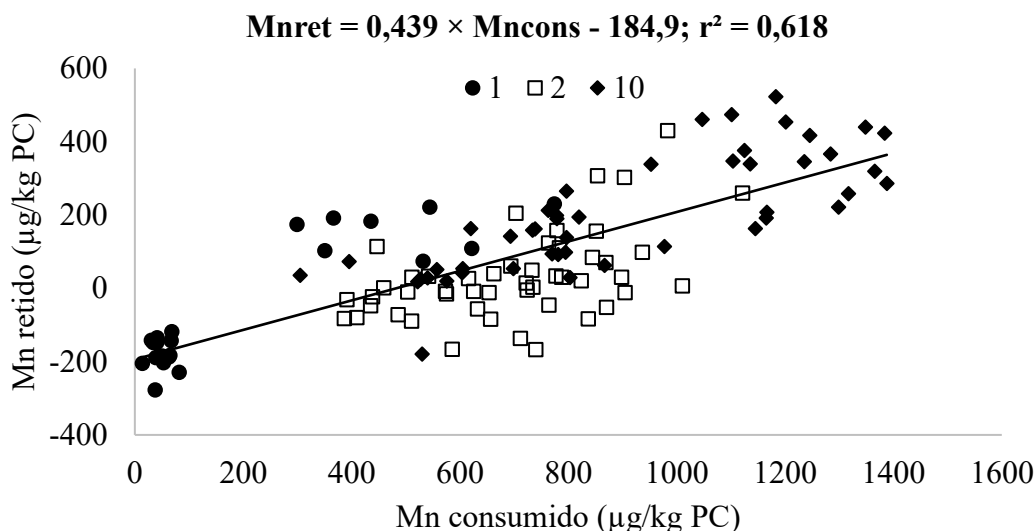


Figura 10.9 - Relação entre Mn retido (Mnret) e Mn consumido (Mncons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

Para as exigências líquidas de Mn para ganho de peso, Costa e Silva et al. (2015a) sugeriram a seguinte equação:

$$\text{ExLiGMn} = \text{GPCVZ} \times (0,07 \times \text{PCVZ}^{0,80})$$

em que GPCVZ é o ganho diário de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg).

O NRC (2000) recomenda que as exigências dietéticas de Mn são de 20 mg/kg CMS, sendo essa recomendação adotada pelo BR-CORTE (2010). Hartmans (1974) alimentaram vacas de 2,5 a 3,5 anos com dietas contendo de 16 a 21 mg/kg CMS e não observaram sinal de deficiência de Mn ou melhora no desempenho animal. Possivelmente, o suprimento de Mn estava acima do que o animal requer para um ótimo desempenho. Neste sentido, Costa e Silva et al. (2015a) estimaram as exigências dietéticas de Mn como sendo 9,59 mg/kg CMS, mostrando que a não observância de diferenças quanto ao desempenho dos animais quando foram supridas quantidades acima de 10 mg/kg CMS pode ser devido ao fornecimento de Mn estar acima das exigências dos animais.

Selênio

A concentração de Se no corpo do animal é dependente da quantidade e da forma química do Se na dieta, bem como o tecido em que a concentração está sendo avaliada. Segundo Behne e Wolters (1983), altas concentrações de Se podem ocorrer no fígado e nos rins enquanto que as maiores quantidades de Se são sequestradas pelos músculos. Nesses tecidos, o Se atua como ativador enzimático, a exemplo de algumas enzimas atuantes na produção dos hormônios T3 e T4, e como antioxidante, atuando na redução das concentrações de peróxido de hidrogênio.

Assim, para as exigências líquidas de Se e o coeficiente de retenção de Se foram utilizadas as recomendações de Costa e Silva et al. (2015a) de 3,72 µg/kg PC e 48,7%, respectivamente (Figura 10.10). Esse valor de coeficiente de retenção é acima do apresentado por Wright e Bell (1966) que utilizaram isótopos de Se em ovinos e encontraram o coeficiente de absorção de 35%. O valor sugerido pelo CSIRO (2007) é de 30%. Contudo, o valor encontrado por Costa e Silva et al. (2015a) encontra-se dentro da faixa estabelecida pelo NRC (2001) de 40 a 50%.

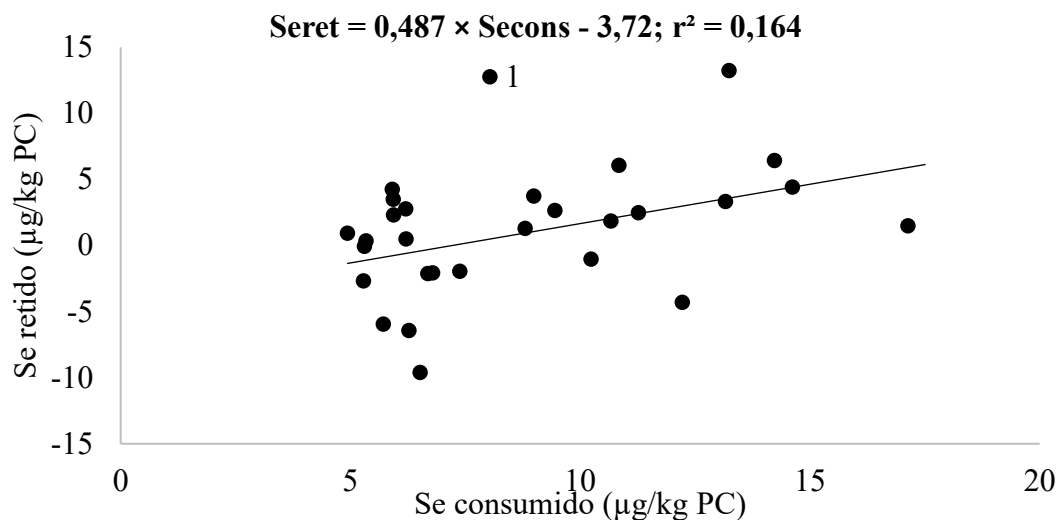


Figura 10.10 - Relação entre Se retido (Seret) e Se consumido (Secons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1).

Para as exigências líquidas de Se para ganho de peso, Costa e Silva et al. (2015a) sugeriram a seguinte equação:

$$\text{ExLiGSe} = \text{GPCVZ} \times (1,07 \times \text{PCVZ}^{-0,07})$$

em que GPCVZ é o ganho diário de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg). Com isso, percebe-se que as exigências de Se para ganho não variam conforme o animal cresce, uma vez que o expoente da equação é próximo a zero.

Sinais subclínicos de deficiência de Se têm sido relatados em vacas e bezerros de corte recebendo forragem, contendo de 0,02 a 0,05 mg Se/kg CMS (Morris et al., 1984; Hidiroglou et al., 1985; Spears et al., 1986). Tendo como referência esses estudos, o NRC (2000) recomendou que as exigências dietéticas de Se deveriam ser de 0,1 mg/kg CMS. No entanto, Costa e Silva et al. (2015a) estimaram que as exigências dietéticas de Se seriam de 0,57 mg/kg CMS. Além disso, esse valor é também acima do recomendado pelo CSIRO (2007) e NRC (2001), cujos valores são de 0,05 e 0,30 mg/kg CMS, respectivamente. Entretanto, ressalta-se que os valores sugeridos por Costa e Silva et al. (2015a) foram provenientes de apenas um experimento que continha 50 animais Nelore com PC variando de 121 a 300 kg e, assim, recomenda-se que mais estudos devam ser conduzidos para que as exigências dietéticas de Se sejam melhor estimadas.

Zinco

As funções do zinco no organismo estão principalmente relacionadas à ação enzimática, seja por compor a forma ativa ou por atuar na ativação da enzima em questão. Ainda, observa-se que o desenvolvimento e a funcionalidade do sistema imune é dependente de Zn. Alguns pesquisadores (Delezenne, 1919; Bodansky, 1920; Weitzel et al., 1954) relataram que as concentrações de Zn em plantas e animais são frequentemente comparáveis às de Fe e que são geralmente maiores que os outros microminerais (Hambidge et al., 1986). O NRC (2000) utilizou a média de três estudos (Miller et al., 1966; Hansard et al., 1968; Schwarz e Kirchgessner, 1975) para estimar as perdas endógenas, ou seja, as exigências líquidas de Zn para manutenção, que foram de 12 µg/kg PC. Weigand e Kirchgessner (1982) estimaram as exigências líquidas de Zn para manutenção em vacas lactantes como sendo 53 µg/kg PC. Além disso, o ARC (1980) e o NRC (2001) estimaram as exigências líquidas de Zn para manutenção como 55 µg/kg PC, enquanto o CSIRO (2007) recomendou o valor de 45 µg/kg PC. Entretanto, os experimentos realizados em condições tropicais e, portanto, adotados como banco de dados do BR-CORTE sugerem que este valor é superior aos recomendados anteriormente para as exigências líquidas de Zn para manutenção, estimando a exigência em 334,4 µg/kg PC (Figura 10.11).

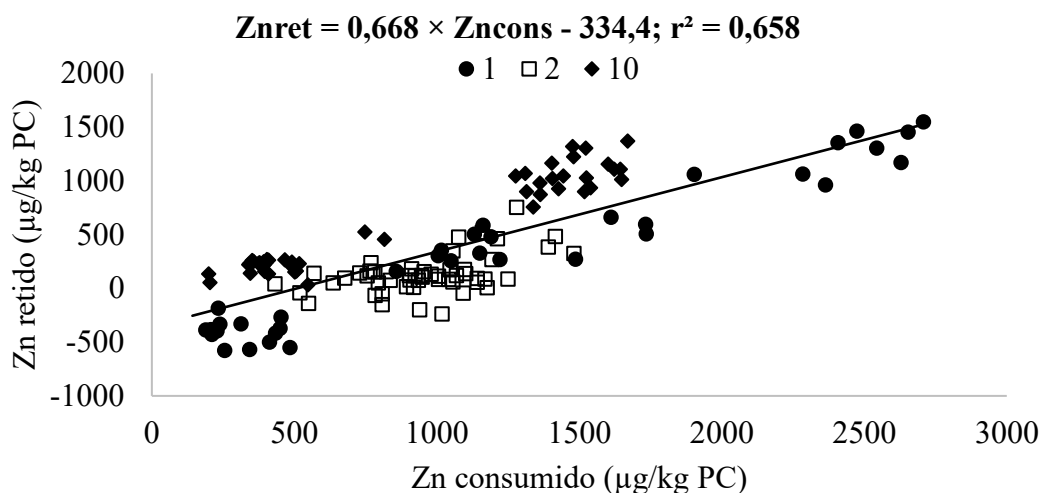


Figura 10.11 - Relação entre Zn retido (Zn_{ret}) e Zn consumido (Zn_{cons}) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

O ARC (1980) sugeriu dois coeficientes de absorção para Zn, sendo 30% para animais ruminantes jovens e 20% para animais à maturidade. Já o CSIRO (2007) adotou o coeficiente de absorção verdadeira de 60% para bezerros pré-ruminantes e 40% para animais mais velhos com o rúmen funcional (SCA, 1990). Contudo, foi observado um coeficiente de retenção de 66,8% (Figura 10.11). Neste contexto, Miller e Cragle (1965) sugeriram que a absorção de Zn ocorre principalmente no abomaso e intestino delgado. Porém, Sathler (2015) observou que, em dietas contendo suplementação de microminerais, o principal local de absorção de Zn foi o rúmen (em torno de 43,7% do que foi ingerido), enquanto que em dietas sem a suplementação de microminerais, o principal local de absorção foi o intestino grosso sendo, em média, 27% do Zn ingerido absorvido. Além disso, alguns trabalhos (Mills et al., 1967; Perry et al., 1968) demonstraram que a absorção de Zn é reduzida, quando Ca é incluído na dieta. Porém, Sathler (2015) avaliou que independente da presença do Ca na dieta, não houve diferença quanto à absorção de Zn.

Quanto às exigências líquidas para ganho de peso, Costa e Silva et al. (2015a) recomendaram a seguinte equação:

$$ExLiGZn = GPCVZ \times (1,16 \times PCVZ^{0,86}),$$

em que GPCVZ é o ganho diário de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo

vazio (kg). O ARC (1980) sugeriu que de 16 a 31 mg Zn/kg PC podem ser incorporados nos tecidos corporais para cada quilograma de ganho de PC.

O NRC (2000) considera as exigências dietéticas de Zn como sendo 30 mg/kg CMS, enquanto o CSIRO (2007) recomenda 11,6 mg/kg CMS. No entanto, as recomendações do NRC (2000) foram baseadas em dois estudos (Perry et al., 1968; Pond e Otjen, 1988) que avaliaram a resposta do crescimento à suplementação de Zn, em que a concentração de Zn na dieta basal era desconhecida. No entanto, no estudo de Costa e Silva et al. (2015a), as exigências dietéticas de Zn em bovinos Nelore foram de 61 mg/kg CMS e esses autores consideraram a composição de Zn na dieta basal.

Cobalto

O Co é o precursor da vitamina B₁₂, e está, portanto, relacionado com o metabolismo energético, porém a quantidade de Co dietético convertido em vitamina B₁₂ varia de 3 a 13% do Co consumido (Smith, 1987). Além disso, alguns estudos (Monroe et al., 1952; Looney et al., 1976) verificaram que de 84 a 98% do Co fornecido na dieta foi encontrado nas fezes em torno de 5 a 14 dias após o consumo. Nessa edição do BR-CORTE, o valor de 86,8% foi estimado como o coeficiente de retenção verdadeiro (Figura 10.12), mostrando que apenas 13,2% do ingerido foi excretado via fezes e urina. Além disso, as exigências líquidas de Co para manutenção em bovinos Nelore foram estimadas em 13,5 µg/kg PC (Figura 10.12).

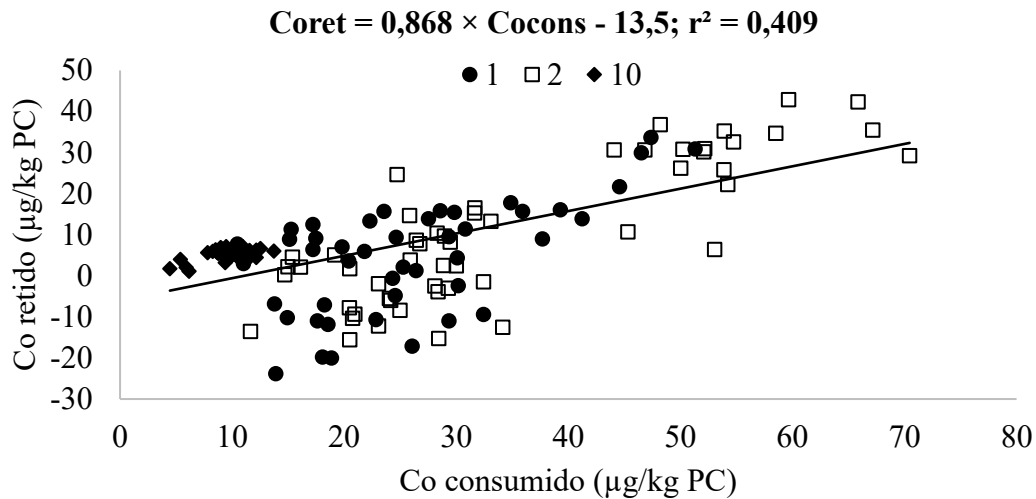


Figura 10.12 - Relação entre Co retido (Coret) e Co consumido (Cocons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

Quanto às exigências líquidas de Co para ganho de peso (ExLiGCo), a equação sugerida por Zanetti et al. (2017) foi utilizada para estimar ExLiGCo:

$$\text{ExLiGCo} = \text{GPCVZ} \times (0,045 \times \text{PCVZ}^{-0,023})$$

em que GPCVZ é o ganho diário de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg). Percebe-se que as ExLiGCo reduzem em relação ao aumento do PCVZ dos animais, mas a uma taxa praticamente constante.

Smith (1987) sugeriu que as exigências dietéticas de Co deveriam ser de 0,11 mg/kg CMS, sendo esse valor o adotado pelo NRC (2000) e NRC (2001). Contudo, esse autor não

considerou o coeficiente de absorção e a composição de Co nos alimentos. Assim, nessa edição do BR-CORTE, as exigências dietéticas de Co foram estimadas em média de 0,63 mg/kg CMS, considerando o coeficiente de retenção e a composição de Co nos alimentos.

Cromo

Até o BR-CORTE (2010), nenhuma recomendação a respeito das exigências líquidas de Cr para manutenção e o coeficiente de retenção foram sugeridos. No entanto, Costa e Silva et al. (2015a) estimaram as exigências líquidas de Cr para manutenção e o coeficiente de retenção como sendo 22,9 µg/kg PC e 78,4%, respectivamente (Figura 10.13).

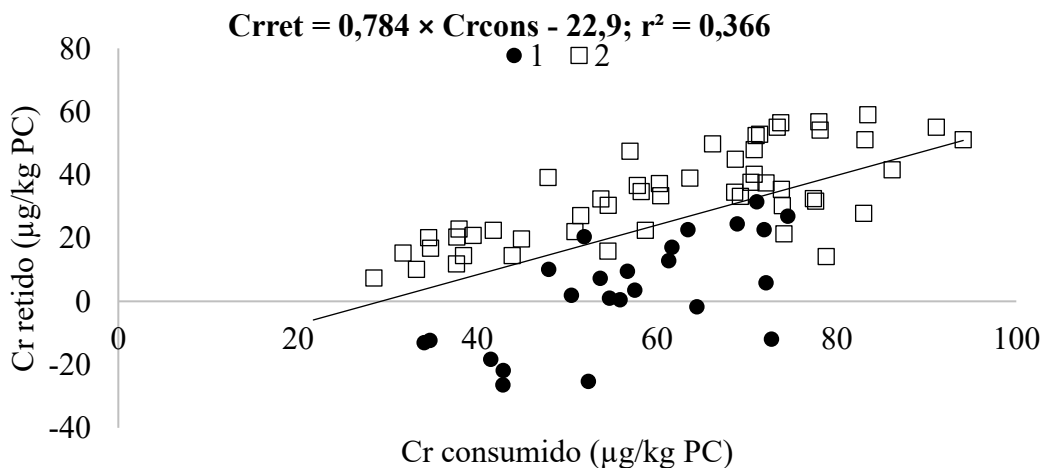


Figura 10.13 - Relação entre Cr retido (Crret) e Cr consumido (Crcons) em bovinos de corte. Dados de Costa e Silva et al. (2015a – 1 e 2) e Zanetti et al. (2017 – 10).

Além disso, Costa e Silva et al. (2015a) estimaram as exigências líquidas de Cr para ganho de peso e sugeriram a seguinte equação:

$$\text{ExLiGCr} = \text{GPCVZ} \times (0,23 \times \text{PCVZ}^{0,61}),$$

em que GPCVZ é o ganho diário de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg).

Bernhard et al. (2012) avaliaram os efeitos da suplementação de Cr no desempenho de novilhos e observaram diferença no GMD de novilhos sem suplementação em relação aos que receberam 0,3 mg/kg CMS. Além disso, alguns estudos (Butting et al., 1994; Kegley e Spears, 1995) avaliaram a suplementação de Cr em bezerras e sugeriram que a adição de 0,4 mg/kg CMS de Cr aumenta a taxa de depuração de glicose. Com isso, o NRC (2000) adotou a recomendação de 0,4 mg/kg CMS como as exigências dietéticas de Cr para bovinos de corte. Contudo, Costa e Silva et al. (2015a) estimaram 2,53 mg/kg CMS, valor acima do recomendado na literatura. Todavia, as recomendações do NRC (2000) foram baseadas na suplementação de Cr desconsiderando o quanto a dieta basal fornecia deste mineral aos animais.

Molibdênio

O Mo é um componente essencial das enzimas xantina oxidase, sulfito oxidase e

aldeído oxidase (Mills e Davis, 1987). Alguns autores têm relacionado o fornecimento de molibdênio com a melhora da atividade microbiana ou pelo aumento da digestão da celulose (Ellis et al., 1958) ou pelo aumento da taxa de desaparecimento da MS do rumen (Shariff et al., 1990). Além disso, o Mo está relacionado com a síntese intraruminal de tio- ou oxitiomolibdatos e suas subsequentes reações com o Cu podem ser responsáveis para os efeitos inibitórios das fontes dietéticas de Mo e S sobre a utilização de Cu pelos ruminantes. Contudo, estudos avaliando a obtenção direta ou indireta de evidências para a formação de tio- ou oxitiomolibdatos em conteúdos ruminais de bovinos ainda são desconhecidos. Assim, existe a necessidade de verificar a influência de mudanças no fornecimento de Cu dietético na presença de tiomolibdatos solúveis no líquido ruminal e na concentração e distribuição de Cu e Mo no plasma sanguíneo. O NRC (2000) não estabelece as exigências dietéticas de Mo, devido ao fato de deficiências não serem comumente observadas. Zanetti et al. (2017) estabeleceram as perdas endógenas e o coeficiente de retenção para Mo em 3,27 µg/kg PC e 49,7%, respectivamente (Figura 10.14).

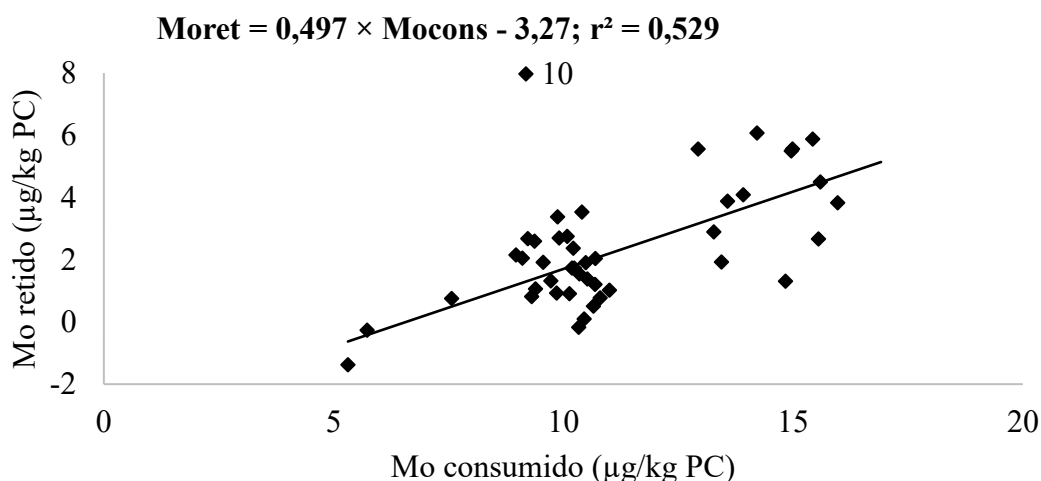


Figura 10.14 - Relação entre Mo retido (Moret) e Mo consumido (Mocons) em bovinos de corte. Dados de Zanetti et al. (2017 – 10).

Além disso, esse autor estimou as exigências líquidas de Mo para ganho de peso e sugeriram a seguinte equação:

$$\text{ExLiGMo} = \text{GPCVZ} \times (0,0035 \times \text{PCVZ}^{0,4063}),$$

em que GPCVZ é o ganho de peso de corpo vazio (kg/dia) e PCVZ é o peso de corpo vazio (kg).

Iodo

O I é um importante componente dos hormônios da tireoide (tiroxina, T3 e triiodotironina, T4) que são responsáveis pela regulação da taxa de metabolismo da energia no corpo. O I é majoritariamente absorvido na forma de iodeto (entre 70 a 80%) no rúmen, apresentando considerável secreção no abomaso (Miller et al., 1988). Contudo, o I secretado no abomaso é altamente reabsorvido nos intestinos delgado e grosso (NRC, 2000).

Assim como o cloro, as exigências dietéticas de I ainda não estão definidas, sendo que o NRC (2000) sugeriu que o fornecimento de 0,5 mg/kg MS possa ser adequado. Conforme para o ARC (1980), as exigências dietéticas de I podem ser

estimadas pela medição das taxas de secreção dos hormônios na tireoide. No entanto, como não existem trabalhos desenvolvidos no Brasil sobre este mineral, sugere-se que as recomendações apresentadas pelo NRC (2000) de 0,5 mg/kg MS sejam seguidas.

TOXICIDADE

Alguns elementos inorgânicos fornecidos em elevadas quantidades podem causar uma série de danos aos bovinos. Para a formulação de rações, recomenda-se que níveis máximos de elementos minerais na dieta sejam fixados como 120% das exigências, de forma a garantir um equilíbrio de minerais na dieta, não prejudicar a absorção e utilização dos mesmos e evitar perdas desnecessárias. Porém, em condições práticas, nem sempre é possível este equilíbrio. Dessa forma, os valores tóxicos de elementos minerais obtidos da literatura são apresentados na Tabela 10.13.

Tabela 10.13 - Níveis tóxicos de minerais para bovinos de corte

Macrominerais	Níveis tóxicos	Microminerais	Níveis tóxicos
Cálcio ¹	44 g/kg de MS	Cobre ⁴	40 mg/kg de MS
Potássio ⁴	20 g/kg de MS	Manganês ²	1000 mg/kg de MS
Magnésio ¹	4 g/kg de MS	Selênio ³	5 mg/kg de MS
Sódio ¹	65 g/kg de MS	Zinco ³	500 mg/kg de MS
Enxofre ¹	4 g/kg de MS	Cobalto ⁴	25 mg/kg de PC
		Cromo ²	50 mg/kg de MS
		Flúor ³	30 mg/kg de MS
		Iodo ²	50 mg/kg de MS
		Molibdênio ³	6 mg/kg de MS
		Vanádio ²	30 mg/kg de MS

¹NRC (2000); ²McDonald et al. (2002); ³McDowell (1992); ⁴NASEM (2016).

TABELAS DAS EXIGÊNCIAS DE MINERAIS PARA BOVINOS DE CORTE

A partir da estimativa das exigências líquidas dos minerais para manutenção e ganho de peso de bovinos de corte e dos coeficientes

de retenção (Tabela 10.14), as exigências dietéticas dos minerais foram calculadas. As recomendações para as exigências dietéticas desses minerais são descritas a seguir.

Tabela 10.14 - Resumo das recomendações para o cálculo das exigências líquidas de macro e microminerais para bovinos de corte

Mineral	Exigências líquidas para manutenção	Coeficiente de retenção	Exigências líquidas para ganho (ExLiG) ¹		PCVZ no plateau
	mg/kg peso corporal		%	g/dia	
Ca	11,7	56,8	Zebuino: ExLiGCa = GPCVZ × (147 × PCVZ ^{-0,50})		462
			Cruzado: ExLiGCa = GPCVZ × (66,0 × PCVZ ^{-0,32})		453
P	13,5	67,8	Zebuino: ExLiGP = GPCVZ × (38,6 × PCVZ ^{-0,36})		445
			Cruzado: ExLiGP = GPCVZ × (25,4 × PCVZ ^{-0,25})		479
Mg	5,9	35,5	Zebuino: ExLiGMg = GPCVZ × (0,3466 × PCVZ ^{0,0113})		-
			Cruzado: ExLiGMg = GPCVZ × (1,0597 × PCVZ ^{-0,2386})		-
Na	6,3	37,1	Zebuino: ExLiGNa = GPCVZ × (5,594 × PCVZ ^{-0,2998})		-
			Cruzado: ExLiGNa = GPCVZ × (1,977 × PCVZ ^{-0,058})		-
K	23,5	48,4	Zebuino: ExLiGK = GPCVZ × (0,9463 × PCVZ ^{0,1216})		-
			Cruzado: ExLiGK = GPCVZ × (0,3418 × PCVZ ^{0,3200})		-
S	10,4	77,3	ExLiGS = GPCVZ × (0,03 × PCVZ ^{0,8900})		-
Mineral	µg/kg peso corporal	%	mg/dia		
Cu	95,6	73,5	ExLiGCu = GPCVZ × (1,25 × PCVZ ^{0,33})		-
Co	13,5	86,8	ExLiGCo = GPCVZ × (0,045 × PCVZ ^{-0,023})		-
Cr	22,9	78,4	ExLiGCr = GPCVZ × (0,23 × PCVZ ^{0,61})		-
Fe	2942	73,4	ExLiGFe = GPCVZ × (10,4 × PCVZ ^{0,24})		-
Mn	184,9	43,9	ExLiGMn = GPCVZ × (0,07 × PCVZ ^{0,80})		-
Mo	3,27	49,7	ExLiGMo = GPCVZ × (0,0035 × PCVZ ^{0,41})		-
Se	3,72	48,7	ExLiGSe = GPCVZ × (1,07 × PCVZ ^{-0,07})		-
Zn	334,4	66,8	ExLiGZn = GPCVZ × (1,16 × PCVZ ^{0,86})		-

¹GPCVZ = ganho de peso de corpo vazio (kg/dia); PCVZ = peso de corpo vazio (kg).

Dessa forma, considerando um bovino Nelore não castrado de 400 kg de PC com GMD de 1,00 kg/dia, as exigências dietéticas dos macrominerais e microminerais podem ser calculadas:

$$PCJ = 0,8915 \times PC^{1,0151} = 0,8915 \times 400^{1,0151} = 390,4 \text{ kg}$$

$$PCVZ = 0,8126 \times PCJ^{1,0134} = 0,8126 \times 390,4^{1,0134} = 344 \text{ kg}$$

$$GPCVZ = 0,963 \times GMD^{1,0151} = 0,963 \times 1,0^{1,0151} = 0,963 \text{ kg}$$

• Cálcio:

$$\text{Manutenção: } 11,7 \times PC = 11,7 \times 400 = 4680 \text{ mg} = 4,68 \text{ g/dia}$$

$$\text{Ganho: } GPCVZ \times (147 \times PCVZ^{-0,50}) = 0,963 \times (147 \times 344^{-0,50}) = 7,63 \text{ g/dia}$$

$$\text{Exigências líquidas totais} = \text{Manutenção} + \text{Ganho} = 4,68 + 7,63 = 12,31 \text{ g/dia}$$

$$\text{Exigências dietéticas} = \text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 12,31/0,568 = 21,67 \text{ g/dia}$$

• Fósforo:

$$\text{Manutenção: } 13,5 \times PC = 13,5 \times 400 = 5400 \text{ mg} = 5,40 \text{ g/dia}$$

$$\text{Ganho: } GPCVZ \times (38,6 \times PCVZ^{-0,36}) = 0,963 \times (38,6 \times 344^{-0,36}) = 4,54 \text{ g/dia}$$

$$\text{Exigências líquidas totais} = \text{Manutenção} + \text{Ganho} = 5,40 + 4,54 = 9,94 \text{ g/dia}$$

$$\text{Exigências dietéticas} = \text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 9,94/0,678 = 14,66 \text{ g/dia}$$

$$\text{Relação Ca/P} = 21,67/14,66 = 1,48$$

• Magnésio:

Mantença: $5,9 \times PC = 5,9 \times 400 = 2360 \text{ mg} = 2,36 \text{ g/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (0,3466 \times PCVZ^{0,0113}) = 0,963 \times (0,3466 \times 344^{0,0113}) = 0,36 \text{ g/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 2,36 + 0,36 = 2,72 \text{ g/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 2,72 / 0,355 = 7,66 \text{ g/dia}$

• Sódio:

Mantença: $6,3 \times PC = 6,3 \times 400 = 2511 \text{ mg} = 2,52 \text{ g/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (5,594 \times PCVZ^{-0,2998}) = 0,963 \times (5,594 \times 344^{-0,2998}) = 0,94 \text{ g/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 2,52 + 0,94 = 3,46 \text{ g/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 3,46 / 0,371 = 9,33 \text{ g/dia}$

• Potássio:

Mantença: $23,5 \times PC = 23,5 \times 400 = 9400 \text{ mg} = 9,40 \text{ g/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (0,9463 \times PCVZ^{0,1216}) = 0,963 \times (0,9463 \times 344^{0,1216}) = 1,85 \text{ g/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 9,40 + 1,85 = 11,25 \text{ g/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 11,25 / 0,484 = 23,24 \text{ g/dia}$

• Enxofre:

Mantença: $10,4 \times PC = 10,4 \times 400 = 4160 \text{ mg} = 4,16 \text{ g/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (0,03 \times PCVZ^{0,89}) = 0,963 \times (0,03 \times 344^{0,89}) = 5,23 \text{ g/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 4,16 + 5,23 = 9,39 \text{ g/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 9,39 / 0,773 = 12,19 \text{ g/dia}$

• Cobre:

Mantença: $95,6 \times PC = 95,6 \times 400 = 38240 \text{ } \mu\text{g} = 38,24 \text{ mg/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (1,25 \times PCVZ^{0,33}) = 0,963 \times (1,25 \times 344^{0,33}) = 8,27 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 38,24 + 8,27 = 46,51 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 46,51 / 0,735 = 63,28 \text{ mg/dia}$

• Ferro:

Mantença: $2942 \times PC = 2942 \times 400 = 1176800 \text{ } \mu\text{g} = 1177 \text{ mg/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (10,4 \times PCVZ^{0,24}) = 0,963 \times (10,4 \times 344^{0,24}) = 40,7 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 1177 + 40,7 = 1218 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 1218 / 0,734 = 1659 \text{ mg/dia}$

• Manganês:

Mantença: $184,9 \times PC = 184,9 \times 400 = 73960 \text{ } \mu\text{g} = 73,96 \text{ mg/dia}$

Ganho: $GPCVZ \times (0,07 \times PCVZ^{0,80}) = 0,963 \times (0,07 \times 344^{0,80}) = 7,21 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $Mantença + Ganho = 73,96 + 7,21 = 81,17 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $Exigências \text{ líquidas totais} / \text{coeficiente de retenção} = 81,17 / 0,439 = 184,9 \text{ mg/dia}$

• **Selênio:**

Mantença: $3,72 \times PC = 3,72 \times 400 = 1488 \mu\text{g} = 1,49 \text{ mg/dia}$

Ganho: $\text{GPCVZ} \times (1,07 \times \text{PCVZ}^{-0,07}) = 0,963 \times (1,07 \times 344^{-0,07}) = 0,68 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $\text{Mantença} + \text{Ganho} = 1,49 + 0,68 = 2,17 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $\text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 2,17/0,487 = 4,46 \text{ mg/dia}$

• **Zinco:**

Mantença: $334,4 \times PC = 334,4 \times 400 = 133760 \mu\text{g} = 133,8 \text{ mg/dia}$

Ganho: $\text{GPCVZ} \times (1,16 \times \text{PCVZ}^{0,86}) = 0,963 \times (1,16 \times 344^{0,86}) = 169,6 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $\text{Mantença} + \text{Ganho} = 133,8 + 169,6 = 303,4 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $\text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 303,4/0,668 = 454,2 \text{ mg/dia}$

• **Cobalto:**

Mantença: $13,5 \times PC = 13,5 \times 400 = 5400 \mu\text{g} = 5,40 \text{ mg/dia}$

Ganho: $\text{GPCVZ} \times (0,045 \times \text{PCVZ}^{-0,023}) = 0,963 \times (0,045 \times 344^{-0,023}) = 0,038 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $\text{Mantença} + \text{Ganho} = 5,40 + 0,038 = 5,438 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $\text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 5,438/0,868 = 6,26 \text{ mg/dia}$

• **Cromo:**

Mantença: $22,9 \times PC = 22,9 \times 400 = 9160 \mu\text{g} = 9,16 \text{ mg/dia}$

Ganho: $\text{GPCVZ} \times (0,23 \times \text{PCVZ}^{0,61}) = 0,963 \times (0,23 \times 344^{0,61}) = 7,81 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $\text{Mantença} + \text{Ganho} = 9,16 + 7,81 = 16,97 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $\text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 16,97/0,784 = 21,65 \text{ mg/dia}$

• **Molibdênio:**

Mantença: $3,27 \times PC = 3,27 \times 400 = 1310 \mu\text{g} = 1,31 \text{ mg/dia}$

Ganho: $\text{GPCVZ} \times (0,0035 \times \text{PCVZ}^{0,4063}) = 0,963 \times (0,0035 \times 344^{0,41}) = 0,037 \text{ mg/dia}$

Exigências líquidas totais = $\text{Mantença} + \text{Ganho} = 1,31 + 0,037 = 1,347 \text{ mg/dia}$

Exigências dietéticas = $\text{Exigências líquidas totais/coeficiente de retenção} = 1,347/0,497 = 2,71 \text{ mg/dia}$

REFERÊNCIAS

- Aitken, F.C. *Tech. Comm. Commonw. Bur. Nutr.* No 26. 1976.
- AAFCO. *Publication Official of American Feed Control Officials* (Ed. PM Bachman). 237-238. 1998.
- AAFCO. *Publication Official of American Feed Control Official*. Atlanta, 2000.
- AFRC – Agricultural and Food Research Council. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle (Report 6). *Nutrition Abstracts and Reviews*, 61:573-612. 1991.
- Amaral, P. M. 2012. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos mestiços Holandês x zebu alimentados com dietas contendo diferentes níveis de proteína*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 84p. 2012.
- Anderson, R. C.; Carr, M. A.; Miller, R. K.; King, D. A.; Carstens, G. E.; Genovese, K. J.; Callaway, T. R.; Edrington, T. S.; Jung, Y. S.; McCreynolds, J. L.; Hume, M. E.; Beier, R. C.; Elder, R. O.; Nisbet, D. J. Effects of experimental chlorate preparations as feed and water supplements on *Escherichia coli* colonization and contamination of beef cattle carcasses. *Food Microbiology* 22:439–447. 2005.

- Araújo, G. G. L.; Coelho Da Silva, J. F.; Valadares Filho, S. C.; Campos O. F.; Signoretti, R. D.; Turco, S. H. N. Consumo e absorção aparente de macrominerais, em bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de volumoso. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30:1824-1828. 2001.
- Araújo, J. A.; Silva, J. H. V. S.; Amâncio, A. L. L.; Lima, C. B.; Oliveira, E. R. A. Fontes de minerais para poedeiras. *Acta Vet. Bras.*, 2:53-60, 2008.
- ARC – Agricultural Research Council. 1965. *The Nutrient Requirements of Farm Livestock*. London, UK: Agricultural Research Council, 264p.
- ARC – Agricultural Research Council. 3rd ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK, 351p. 1980.
- Arthington, J. D.; Moriel, P.; Martins, P. G. M. A.; Lamb, G. C.; Havenga, L. J. Effects of trace mineral injections on measures of performance and trace mineral status of pre- and post-weaned beef calves. *Journal of Animal Science*. 92:2630-2640. 2014.
- Backes, A. A. *Composição corporal e exigências de energia, proteína e macrominerais para bovinos mestiços leiteiros e zebu, castrados, em fase de recria e engorda, em confinamento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2003.
- Baruselli, M. S. Minerais orgânicos: o que são, como funcionam e vantagens do seu uso em ruminantes. In: Simpósio Internacional de Patologia Clínica Veterinária, 2., 2000, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: Associação Brasileira de Buiatria. 2000.
- Behne, D., & Wolters, W. (1983). Distribution of selenium and glutathione peroxidase in the rat. *The Journal of nutrition*, 113(2), 456-461.
- Bentley, O. G.; Phillips, P. H. The effects of low Mn rations upon dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 34:396-403. 1951.
- Bernhard, B. C.; Burdick, N. C.; Roundsw, Rathmann, R. J.; Carroll, J. A.; Finck, D. N.; Jennings, M. A.; Young, T. R.; Johnson, B. J. Chromium supplementation alters the performance and health of feedlot cattle during the receiving period and enhances their metabolic response to a lipopolysaccharide challenge. *Journal of Animal Science*, 90:3879-3888. 2012.
- Bernier, J. F., F. J. Fillion, and G. J. Brisson. 1984. Dietary tibers and supplemental iron in a milk replacer for veal calves. *Journal of Dairy Science* 67:2369-2379.
- Blaney, J.; Gartner, J. W.; Head, T. A. The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. *Journal of Agricultural Science*, 99:533-539. 1982.
- Bodansky M. Biochemical studies on marine organisms. II. The occurrence of zinc. *The Journal of Biological Chemistry*, 44:399-407. 1920.
- Boin, C. Exigências de minerais pelas categorias do rebanho bovino e funções desses nutrientes. In: Peixoto, A. M. (Ed). *Nutrição de bovinos: conceitos básicos e aplicados*. Piracicaba: FEALQ, p.407-450. 1993.
- Bouchard, R.; Conrad, H. R. Sulfur requirement of lactating dairy cows. I. Sulfur balance and dietary supplementation. *Journal of Dairy Science*, 56:1276-1282. 1973.
- 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.
- Bremner, I., and A. C. Dalgarno. 1973. Iron metabolism in the veal calf. 2. Iron requirements and the effect of copper supplementation. *British Journal of Nutrition* 30:61-76.
- Butting, L. D.; Fernandes, J. M.; Thompson, D. L.; Southern, L. L. Influence of chromium picolinate on glucose usage and metabolic criteria in growing Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 72:1591-1599. 1994.
- Call, J. W.; Butcher, J. E.; Blake, J. T.; Smart, R. A.; Shupe, J. L. Phosphorus influence on growth and reproduction of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 47:216-225. 1978.
- Callaway, T. R.; Anderson, R. C.; Genovese, K. J.; Poole, T. L.; Anderson, T. J.; J. Byrd, A.; Kubena, L. F.; Nisbet, D. J. Sodium chlorate supplementation reduces *E. coli* O157:H7 populations in cattle. *Journal of Animal Science*, 80:1683-1689. 2002.
- Campos, J. (1980) *Tabelas para cálculos de rações*. Viçosa, UFV, 60p.

- Cheeke, P. R. *Applied animal nutrition: feeds and feeding*. 3.ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc., 604 p. 2005.
- 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. 101 p. 2007.
- Chizzotti, M. L.; Valadares Filho, S. C.; Tedeschi, L. O.; Paulino, P. V. R.; Paulino, M. F.; Valadares, R. F. D.; Amaral, P.; Benedeti, P. D. B.; Rodrigues, T. I.; Fonseca, M. L. Net requirements of calcium, magnesium, sodium, phosphorus, and potassium for growth of Nelore × Red Angus bulls, steers, and heifers. *Livestock Science*, 124:242-247. 2009.
- Coelho da Silva, J. F.; Valadares Filho, S. C.; Leao, M. I.; Castro, A. C. G.; Costa, W. P. Efeito da monensina sódica e da uréia sobre o consumo, parâmetros ruminais, digestibilidade aparente e balanço nutricional em bovinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 20:454-470. 1991.
- Coelho da Silva, J. F. Inorganic macronutrient requirements in cattle: The ARC/AFRC system and the Brazilian experience. In: *Proceedings of International Symposium on the Nutritional Requirements of Ruminants*, 1995, Viçosa, Brazil. Anais. Viçosa, Brazil: JARD. 311-345. 1995.
- Costa e Silva, L. F.; Valadares Filho, S. C.; Engle, T. E.; Rotta, P. P.; Marcondes, M. I.; Silva, F. A. S.; Martins, E. C.; Tokunaga, A. T. Macromineral and trace element requirements for beef cattle. *PLoS ONE* 10(12): e0144464. 2015a.
- Costa e Silva, L. F.; Engle, T. E.; Valadares Filho, S. C.; Rotta, P. P.; Valadares, R. F. D.; Silva, B. C.; Pacheco, M. V. C. Intake, apparent digestibility, and nutrient requirements for growing Nelore heifers and steers fed two levels of calcium and phosphorus. *Livestock Science*, 181:17-24. 2015b.
- CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. CSIRO Publications: Collingwood, AU, 270 p. 2007.
- Delezenne C. Le zinc constituant cellulaire de l'organisme animal = sa présence et son rôle dans le venin des serpents. *Ann Inst Pasteur* 33:68. 1919.
- Dick, A. T. Studies on the assimilation and storage of copper in crossbred sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 5:511. 1954.
- Dicostanzo, A.; Meiske, J. C.; Plegge, S. D.; Haggard, D. L.; Chaloner, K. M. Influence of manganese, copper, and zinc on reproductive performance of beef cows. *Nutrition Reports International*, 34:287-293. 1986.
- Dowe, T. W.; Matsushima, J.; Arthaud, V. H. The effects of adequate and excessive calcium when fed with adequate phosphorus in growing rations for beef calves. *Journal of Animal Science*, 16:811– 820. 1957.
- Ellis, W. C.; Pfander, W. H.; Muhrer, M. E.; Pickett, E. E. Molybdenum as a dietary essential for lambs. *Journal of Animal Science*, 17:180-188. 1958.
- Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Milton, C. T.; Hanson, D.; Calkins, C. Effect of dietary phosphorus on finishing steer performance, bone status, and carcass maturity. *Journal of Animal Science*, 77:2832-2836. 1999.
- Erickson, G. E.; Klopfenstein, T. J.; Milton, C. T.; Brink, D.; Orth, M. W.; Whittet, K. M. Phosphorus requirement of finishing feedlot calves. *Journal of Animal Science*, 80:1690-1695. 2002.
- Ezequiel, J. M. B. *Exigências de proteína e minerais de bovídeos: frações endógenas*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 131p. 1987.
- Field, A. C. A review of requirements of dairy and beef cattle for major elements. *Livestock Production Science*, 10:327-338. 1983a.
- Field, A. C. Maintenance requirements of phosphorus and absorbability of dietary phosphorus in sheep. *Journal of Agricultural Science*, 100:231-233. 1983b.
- Fontes, C. A. A. Body composition, net requirements of protein, energy and minerals for weight gain and productive performance of Zebu and crossbred European-Zebu cattle. Experimental results. In: *Proceedings of International Symposium on the Nutritional Requirements of Ruminants*, Viçosa, MG, Brazil. Anais... Viçosa, MG, Brazil: JARD, 265-299. 1995.
- Genther, O. N.; Hansen, S. L. Effect of dietary trace mineral supplementation and a multi-element trace mineral injection on shipping response and growth performance of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 92:2522-2530. 2014.
- Gionbelli, M. P. *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de fêmeas Nelore em crescimento*. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicos, Vicos, MG. 101p. 2010.

- Hambidge, K. M.; Casey, C. E.; Krebs, N. F. Zinc. *Trace elements in human and animal nutrition*. Academic Press: San Diego, CA, USA. 1–137. 1986.
- Hansard, S. L.; Comar, C. L.; Plumlee, M. P. The effects of age upon calcium utilization and maintenance requirements in the bovine. *Journal of Animal Science*, 13:25-26. 1954.
- Hansard, S. L.; Crowder, H. M.; Lyke, W. A. The Biological Availability of Calcium in Feeds for Cattle. *Journal of Animal Science*, 16:437-443. 1957.
- Hansard, S. L.; Plumlee, M. P. Effects of Dietary Calcium and Phosphorus Levels upon the Physiological Behavior of Calcium and Phosphorus in the Rat. *Journal of Nutrition*, 54:17-31. 1954.
- Hansard, S. L.; Mohammed, A. S.; Turner, J. W. Gestation age effects upon maternal-fetal zinc utilization in the bovine. *Journal of Animal Science*, 27:1097–1102. 1968.
- Hartmans, J. Tracing and treating mineral disorders in cattle under field conditions. *Trace Element Metabolism in Animals*. University Park Press: Baltimore, MD, USA, 261–273. 1974.
- Hidiroglou, M.; Proulx, J.; Jolette, J. Intraruminal selenium pellet for control of nutritional muscular dystrophy in cattle. *Journal of Dairy Science*, 68:57-66. 1985.
- Hurley, L. S.; Keen, C. L. *Manganese. Trace elements in human and animal nutrition*. Academic Press: New York, NY, USA. 185–223. 1987.
- Kegley, E. B.; Spears, J. W. Immune response, glucose metabolism, and performance of stressed feeder calves fed inorganic or organic chromium. *Journal of Animal Science*, 73:2721–2726. 1995.
- Kirchgeßner, M.; Weser, U. Complex-stability and copper absorption. 4. On the dynamics of copper absorption. *Z. Tierphysiol Tiererenahr Futtermittelkd.* 20:44-49. 1965.
- Lalman, D. L. Vitamin and mineral nutrition of grazing cattle. In: Doye, D.; Lalman, D. L. (Ed). *Beef cattle manual*. 5.ed. Stillwater, OK: Oklahoma State University, 109-121. 2005.
- Leonel, F. P. *Exigências nutricionais em macronutrientes minerais (Ca, P, Mg, Na e K) para novilhos de diferentes grupos zootécnicos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG. 2003.
- Looney, J. W.; Gille, G.; Preston, R. L.; Graham, E. R.; Pfander, W. H. Effects of plant species and cobalt intake upon cobalt utilization and ration digestibility by sheep. *Journal of Animal Science*, 42:693–698. 1976.
- Marcondes, M. I. *Desempenho de bovinos Nelore alimentados individualmente ou em grupo, exigências nutricionais e avaliação protéica de alimentos para ruminantes*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 136 p. 2007.
- Marcondes, M. I. *Exigências nutricionais e predição da composição corporal de bovinos Nelore puros e cruzados*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG. 2010.
- Marcondes, M. I.; Valadares Filho, S. C.; Paulino, P. V. R.; Valadares, R. F. D.; Paulino, M. F.; Nascimento, F. B.; Fonseca, M. A. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38:1587-1596. 2009.
- Marshall, B.; Long, M. I. E. Calcium intake and excretion of zebu cattle used for digestibility trials. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 37:46-48. 1971.
- Martins, R. G. R. *Exigências de energia, proteína e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos Nelore e mestiços, não castrados, em confinamento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG. 2003.
- McDonald, P. M.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. *Animal Nutrition*. 6th edition. Longman, London and New York, 543 p. 2002.
- McDowell, L. R. (1992). *Minerals in animal and human nutrition*. Academic Press Inc..
- Miller, J. K.; Cragle, R. G. Gastrointestinal sites of absorption and endogenous secretion of zinc in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 48:370–373. 1965.
- Miller, J. K.; Ramsey, N.; Madsen, F. C. The trace elements. Pp. 343-401 in *The Ruminant Animal-Digestive Physiology and Nutrition*, Church, D.C., ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. 1988.
- Mills, C. F.; Dalgarno, A. C.; Williams, R. B.; Quarterman, J. Zinc deficiency and zinc requirements of calves and lambs. *British Journal of Nutrition*, 21:751-768. 1967.

- Mills, C. F.; Davis, G. K. Molybdenum. Pp. 429-463 in *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Vol.1. W. Mertz, ed. New York: Academic. 1987.
- Monroe, R. A.; Sauberlick, H. E.; Comar, C. L.; Hood, S. L. Vitamin B12 biosynthesis after oral and intravenous administration of inorganic Co60 to sheep. *Proceedings of the society for experimental biology and medicine*. New York, NY, USA, pp. 250. 1952.
- Moraes, E. H. B. K. *Desempenho e exigência de energia, proteína e minerais de bovinos de corte em pastejo, submetidos a diferentes estratégias de suplementação*. Tese (Doutor em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 136p. 2006.
- Morris, J. G. Assessment of sodium requirements of grazing beef cattle: a review. *Journal of Animal Science*, 50:145-152. 1980.
- Morris, J. G.; Cripe, W. S.; Chapman Jr., H. L.; Walker, D. F.; Armstrong, J. B.; Alexander Jr., J. D.; Miranda, R.; Sanchez Jr., A.; Sanchez, B.; Blair-West, J. R.; Denton, D. A. Selenium deficiency in cattle associated with heinz bodies and anemia. *Science*, 223:491-493. 1984.
- Mottin, C.; Prado, I. N.; Chefer, D. M.; Eiras, C. E.; Rivaroli, D. C. Suplementação com minerais quelatados em bovinos: uma revisão. *Revista Campo Digital*, 8:59-70. 2013.
- Mullis, L. A.; Spears, J. W.; McCraw, R. L. Estimated copper requirements of Angus and Simmental heifers. *Journal of Animal Science*, 81:865-873. 2003.
- NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. *Nutrient requirements of beef cattle*. 8th revised edition. National Academy Press, Washington DC, USA.
- NRC – National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 6th.ed. Washington, DC: National Academy Press. 90 p. 1984.
- NRC – National Research Council. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th.ed. Washington, DC: National Academy Press, 242 p. 2000.
- NRC – National Research Council. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, DC, USA: National Academy Press, 362 p. 2001.
- Paixão, M. L. *Desempenho produtivo e exigências nutricionais de bovinos de corte em pastagens de brachiaria decumbens, com suplementação protéica*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicos, Vicos, MG. 2008.
- Paulino, M. F. *Composição corporal e exigências de energia, proteína e macrominerais (Ca, P, Mg, Na e K) de bovinos não-castrados de quatro raças zebuínas em confinamento*. 1996. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicos, Vicos, MG. 80p. 1996.
- Paulino, P. V. R. *Exigências nutricionais e validação da seção hh para predição da composição corporal de zebuínos*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicos, Vicos, MG. 2002.
- Peeler, H. T. Biological availability of nutrients in feeds: availability of major mineral ions. *Journal of Animal Science*, 35:695-712. 1972.
- Perry, T. W.; Beeson, W. M.; Smith, W. H.; Mohler, M. T. Value of zinc supplementation of natural rations for fattening beef cattle. *Journal of Animal Science*, 27:1674-1677. 1968.
- Pond, W. G.; Otjen, R. R. Response of large and medium frame beef steers to protein and zinc supplementation of a corn silage-corn finishing diet. *Nutrition Reports International*, 38:737-743. 1988.
- Prados, L. F. *Desempenho e exigências nutricionais de bovinos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de cálcio e fósforo*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicos, Vicos, MG, 96p, 2012.
- Prados, L. F.; Valadares Filho, S. C.; Santos, S. A.; Zanetti, D.; Nunes, A. N.; Costa, D. R.; Mariz, L. D. S.; Detmann, E.; Amaral, P. M.; Rodrigues, F. C.; Valadares, R. F. D. Reducing calcium and phosphorus in crossbred beef cattle diets: impacts on productive performance during the growing and finishing phase. *Animal Production Science*. 56:1643-1649. 2015.
- Prados, L. F. *Reduction of minerals in feedlot diets of Nellore cattle: impacts on intake, performance, and liver and bone status and nutrient requirements; and prediction of chemical rib section composition by dual energy x-ray absorptiometry in Zebu cattle*. 95 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2016.
- Rodrigues, F. C. *Turnover protéico, avaliação e predição da composição química da carcaça e do corpo vazio de bovinos 3/4 Zebu x 1/4 Holandês*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicos, Vicos, MG, 44 p, 2014.

- Rojas, M. A.; Dryer, I. A.; Cassatt, W. A. Manganese deficiency in the bovine. *Journal of Animal Science*, 24:664-667. 1965.
- Rosado, M. *Efeito do complexo ácido graxo-cálcio sobre a digestibilidade aparente, alguns parâmetros ruminais e taxa de passagem em vacas lactantes*. 1991. 96 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Vicosa, Vicosa. 1991.
- Rutz, F., & Murphy, R. (2009). *Minerais orgânicos para aves e suínos*. In congresso internacional sobre uso da levedura na alimentação animal (Vol. 1, pp. 21-36).
- Sales, M. F. L. *Desempenho e exigências nutricionais de novilhos zebuínos sob pastejo*. 2008. 128p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG. 2008.
- Sansom, B. F.; Symonds, H. W.; Vagg, M. J. The absorption of dietary manganese by dairy cows. *Research of Veterinary Science*, 24:366-369. 1978.
- Sathler, D. F. T. *Efeito da suplementação mineral sobre as digestibilidades total, ruminal e intestinal em zebuínos*. 55p. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2015.
- SCA. *Feeding standards for Australian livestock*. 1990. Ruminants. Report for the Standing Committee on Agriculture. CSIRO Publications: Melbourne, AU.
- Schroeder, H. A.; Balassa, J. J.; Tipton, I. H. Essential trace metals in man: manganese. A study in homeostasis. *Journal Chronical Disease*, 19:545-571. 1966.
- Schwarz, W. A.; Kirchgessner, M. Excretion of zinc in lactating cows receiving various supplies of zinc. *Arch Tierernähr*, 25:597-608. 1975.
- Shariff, M. A.; Boila, R. J.; Wittenberg, K. M. Effect of dietary molybdenum on rumen disappearance in cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 70:319-323. 1990.
- Silva, F. F. *Desempenho, características de carcaça, composição corporal e exigências nutricionais (de energia, proteína, aminoácidos e macrominerais) de novilhos Nelore, nas fases de recria e engorda, recebendo diferentes níveis de concentrado e proteína*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 211 p, 2001.
- Smart, M. E.; Gudmundson, J.; Christensen, D.A. Trace mineral deficiencies in cattle: A review. *Canadian Veterinary Journal*, 22:372-376, 1981.
- Smith R. M. Cobalt. *Trace elements in human and animal nutrition*. Academic Press: New York, NY, USA, 185-223, 1987.
- Smith, D. J.; Oliver, C. E.; Taylor, J. B.; Anderson, R. C. Efficacy, metabolism, and toxic responses to chlorate salts in food and laboratory animals. *Journal of Animal Science*, 90:4098-4117, 2012.
- Spears, J. M.; Kegley, E. B. Effect of zinc source (zinc oxide vs. zinc proteinate) and level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and finishing steers. *Journal of Animal Science*, 80:2747-2752, 2002.
- Spears, J. W.; Harvey, R. W.; Segerson, E. C. Effect of marginal selenium deficiency on growth, reproduction and selenium status of beef cattle. *Journal of Animal Science*, 63:586-594, 1986.
- 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.
- St. Omer, V. V. E.; Roberts, W. K. Some effects of dietary potassium upon digestibility, serum electrolytes and utilization of potassium, sodium, nitrogen and water in heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 47:39-46, 1967.
- Sullivan, J. F.; Blotcky, A. J.; Jetton, M. M.; Hahn, H. K.; Burch, R. E. Serum levels of selenium, calcium, copper, magnesium, manganese and zinc in various human diseases. *Journal of Nutrition*, 109:1432-1437, 1979.
- Suttle, N. F. A technique for measuring the biological availability of copper to sheep, using hypocupraemic ewes. *British Journal of Nutrition*, 32:395-405, 1974.
- Suttle, N. F. The interactions between copper, molybdenum and sulfur in ruminant nutrition. *Annual Review of Nutrition*, 11:121-140, 1991.
- Suttle N. F. *Mineral nutrition of livestock*. 4th ed. CABI Publishing, Oxfordshire, UK. 579 p, 2010.
- Thomas, J. W. Metabolism of iron and manganese. *Journal of Dairy Science*, 53:107-1123, 1970.
- Valadares Filho, S. C.; Coelho Da Silva, J. F.; Leao, M. I. Absorções aparentes totais de parciais de sódio, potássio, magnésio, cobre e manganês em bovinos alimentados com ração purificada e semipurificada. In: *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, João Pessoa. Anais...* João Pessoa: SBZ, 1991.

- 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.
- Vasconcelos, J. T.; Tedeschi, L. O.; Fox, D. G.; Galyean, M. L.; Greene, L. W. Review: Feeding nitrogen and phosphorus in beef cattle feedlot production to mitigate environmental impacts. *Professional Animal Scientist*, 23:8-17, 2007.
- Van Bruwaene, R.; Gerber, G. B.; Kirchmann, R.; Colard, J.; Van Kerkom, J. Metabolism of ⁵¹Cr, ⁵⁴Mn, ⁵⁹Fe, and ⁶⁰Co in lactating dairy cows. *Health Physiology*, 46:1069–1082, 1984.
- Veloso, C. M. *Composição corporal e exigências nutricionais de bovinos F1 Limousin x Nelore alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, MG, 2001.
- Véras, R. M. L. *Consumo, digestibilidades total e parcial, produção microbiana e exigências de proteína para manutenção de bovinos Nelore*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2006.
- Underwood, E. J. *The mineral nutrition of livestock*. London: Academic Press, 111 p, 1981.
- Underwood, E. J.; Suttle, N. F. *The mineral nutrition of livestock*. 3.ed. London. UK: CABI Publishing, 614 p, 1999.
- Ward, G. M. Potassium metabolism of domestic ruminants: A review. *Journal of Dairy Science*, 49:268–276, 1966.
- Weigand, E.; Kirchgessner, M. Factorial estimation of the zinc requirement of lactating dairy cows. *Z Tierphysiol Tierernahr Futtermittelkd*, 47:1–9, 1982.
- Weitzel, G.; Strecker, F.; Roester, U.; Buddecke, E.; Fretzdorff, A. Zink im Tapetum lucidum. *Hoppe–Seyler’s Z Physiologische Chemie*, 296:19–30, 1954.
- Wise, M. B.; Ordoreza, A.L.; Barrick, E. R. Influence of variations in dietary calcium:phosphorus ratio on performance and blood constituents of calves. *Journal of Nutrition*, 79:79–84, 1963.
- Wilson, B. K.; Vazquez-Anon, M.; Step, D. L.; Moyer, K. D.; Haviland, C. L.; Maxwell, C. L.; O’Neill, C. F.; Gifford, C. A.; Krehbiel, C. R.; Richards, C. J. Effect of copper, manganese, and zinc supplementation on the performance, clinical signs, and mineral status of calves following exposure to bovine viral diarrhea virus type 1b and subsequent Mannheimia haemolytica infection. *Journal of Animal Science*, 94:1123-1140, 2016.
- Wright, P. L., & Bell, M. C. (1966). Comparative metabolism of selenium and tellurium in sheep and swine. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 211(1), 6-10.
- Zanetti, D. *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, 78 p, 2014.
- Zanetti, D.; Godoi, L. A.; Estrada, M. M; Engle, T. E.; Silva, B. C.; Alhadas, H. M.; Chizzotti, M. L.; Prados, L. F.; Rennó, L. N.; Valadares Filho, S. C. Estimating mineral requirements of Nelore beef bulls fed with or without inorganic mineral supplementation and the influence on mineral balance. *Journal of Animal Science*, 95, 1696–1706, 2017.