

Deficiência de cobre condicionada a altos teores de zinco, manganês e ferro na região do Médio Paraíba, RJ, Brasil

Copper deficiency conditioned by high levels of zinc, manganese and iron in the Middle Paraíba, RJ, Brazil

Ana Paula Lopes Marques^{1*}; Rita de Cássia Campbell Machado Botteon²;
Estelle Barreto de Amorim³; Paulo de Tarso Landgraf Botteon⁴

Resumo

Descrevem-se as concentrações de microelementos minerais em amostras de solos, pastagens e soro de bovinos adultos e jovens em sete propriedades na região do Médio Paraíba, RJ, Brasil com histórico de baixo desempenho reprodutivo, emagrecimento acentuado de vacas após o parto, alotriofagia e alterações na coloração da pelagem. Os animais foram submetidos à avaliação clínica e os principais sinais evidenciados foram: condição geral de regular a ruim, anemia, rarefação e despigmentação da pelagem em animais adultos, coloração avermelhada dos pelos em animais de pelagem escura, além de pelos claros e ralos ao redor dos olhos. Os bezerros apresentavam aspecto geral ruim, baixo desenvolvimento e pelos ásperos, secos e/ou arpepiados. Outros sinais evidenciados foram hábito de comer terra, casca de árvores e roer ossos. Após entrevista com os proprietários e avaliação *in loco* dos rebanhos, obteve-se amostras de solos, forragens e soro sanguíneo para a análise de macro e micronutrientes em dois períodos: Maio / Junho (final da estação das chuvas – outono na região) e outubro / novembro (final da estação seca – primavera na região). Os resultados dos solos ($3,03 \pm 1,72$ / $3,13 \pm 1,22$ mg/dm³) e forragens ($11,91 \pm 2,92$ / $13,6 \pm 5,23$ ppm) apontaram para teores de cobre, dentro da normalidade e altos, respectivamente na maioria dos pastos das propriedades o que contraria os sinais clínicos da deficiência evidenciada nos animais. Contudo no soro sanguíneo os teores de cobre estavam abaixo do normal ($0,42 \pm 0,14$ / $0,45 \pm 0,17$ ppm) na maioria dos animais em ambos os momentos de avaliação em todas as propriedades. Porém foram encontrados valores excessivamente elevados de ferro, zinco e manganês em solos e pastagens que provavelmente estavam atuando como antagonistas da absorção do cobre e ocasionando sua deficiência condicionada.

Palavras-chave: Minerais, bovino, nutrição, antagonista

Abstract

Concentrations of microminerals in the soils, pastures, and sera of adult and young bovines were determined in 7 areas of Middle Paraíba, Rio de Janeiro, Brazil, that showed a history of low reproductive performance, marked weight loss of cows after calving, allotriophagy, and changes in pelage color. The animals were subjected to clinical evaluation, and the main signs were as follows: regular to poor general condition, anemia, alopecia, depigmentation of the pelage in adult animals, discolored pelage (reddish) in dark animals, and thinning and loss of hair around the eyes. Calves showed bad general appearance,

¹ Discente de Doutorado em Medicina Veterinária, Patologia e Ciências Clínicas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Seropédica, RJ. E-mail: marquesapl@ufrjr.br

² Prof.^a. Dr.^a. do Dept^o de Medicina e Cirurgia Veterinária, UFRRJ, Seropédica, RJ. E-mail: rbotteon@ufrjr.br

³ Discente de Medicina Veterinária, UFRRJ, Seropédica, RJ. E-mail: estellevet@gmail.com

⁴ Prof. Dr. do Dept^o de Medicina e Cirurgia Veterinária, UFRRJ, Seropédica, RJ. E-mail: pbotteon@ufrjr.br

* Autor para correspondência

retarded development, and rough, dry, and spiked hair. There were other evident signs such as craving and consumption of foreign material such as soil, wood, or bones. After the interview with the owners and on-site evaluation of the herds, soil samples, forages, and blood serum samples were obtained for analysis of macro and micronutrients in 2 different periods: May/June (end of the rainy season–autumn) and October/November (end of dry season–spring). The findings of soil ($3.03 \pm 1.72/3.13 \pm 1.22$ mg/dm³) and forage ($11.91 \pm 2.92/13.6 \pm 5.23$ ppm) samples indicated normal and high levels of copper, respectively, in most of the pastures which is contrary to the clinical signs of deficiency observed in the animals. However, the copper levels in serum were lower than normal ($0.42 \pm 0.14/0.45 \pm 0.17$ ppm) in majority of the animals, in periods of evaluation and for all properties. Excessively high values of iron, zinc, and manganese were found in soil and pasture samples, which could have probably been acting as antagonists of copper absorption, resulting in a conditioned deficiency.

Key words: Minerals, cattle, nutrition, antagonist

Introdução

A atividade predominante na região do Médio Paraíba é a pecuária extensiva, contribuindo para o estado com 13,08% do rebanho efetivo, 11,35% de vacas ordenhadas e 15,78% da produção de leite (IBGE, 2010). Primeiramente o plantio do café e nas últimas décadas a pecuária extensiva propiciaram a perda da cobertura vegetal o que resultou em empobrecimento do solo, com perda de matéria orgânica e de nutrientes (MENEZES, 2008) contribuindo para o baixo desempenho da pecuária na região.

Os minerais estão envolvidos em quase todas as atividades metabólicas com funções importantes para a manutenção da vida e produtividade dos animais (LAMB et al., 2008; HACKBART et al., 2010). Contudo, muitos animais consomem dietas que não correspondem às suas necessidades em relação aos minerais, e os alimentos podem ser pobres ou ricos em determinados elementos ou conterem proporções desequilibradas entre si (TOKARNIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000).

Muitos fatores afetam a maneira como os nutrientes são absorvidos e utilizados pelos animais (SUTTLE, 2010). O desenvolvimento da deficiência depende tanto da sua concentração na dieta como das concentrações dos antagonistas que interferem com a absorção e a subsequente utilização para os processos metabólicos (VASQUEZ; HERRARA; SANTIAGO, 2001). No que diz respeito a mineralização em regiões tropicais o cobre (Cu)

é o segundo elemento mais limitante. No Brasil a deficiência de Cu é uma das mais importantes, pela amplitude de sua distribuição geográfica (TOKARNIA et al., 2010).

Baixos teores de Cu em fígados de bovinos e/ou em amostras de pastagens e solo têm sido encontrados em algumas regiões de diversos Estados do Brasil (TOKARNIA; DÖBEREINER, 1976; TOKARNIA; DÖBEREINER; MORAES, 1988; TOKARNIA et al., 1999), incluindo o Rio de Janeiro.

A deficiência condicionada foi relatada em bovinos em Rondonópolis no Mato Grosso (MORAES; SILVA; DOBEREINER, 1994), onde teores altos de enxofre (S) no capim estavam associados com concentrações marginais de Cu nas pastagens. No Rio Grande do Sul foi descrito um surto de carência de Cu caracterizado por morte súbita em bovinos criados em várzeas de plantação de arroz. Os teores de Cu no fígado dos bovinos foram muito baixos ($3,6 \pm 1,6$ ppm). Amostras de pasto, coletadas no local do surto, apresentaram teores normais de Cu ($8,4 \pm 0,8$ ppm) e S ($0,2 \pm 0,03\%$), mas altos teores de Ferro (Fe) (522 ± 122 ppm) (MARQUES JUNIOR et al., 2003). O excesso de Fe também foi associado a um surto de ataxia enzoótica em caprinos e ovinos na caatinga do Estado de Pernambuco (SANTOS et al., 2006).

A importância biológica, funcional e estrutural do Cu em animais e humanos está relacionada com as funções metabólicas de enzimas (cuproenzimas),

que catalisam reações fisiológicas importantes relacionadas com a fosforilação oxidativa, inativação de radicais livres, biossíntese de colágeno e elastina, formação de melanina, metabolismo de ferro e síntese de catecolaminas (DANKS, 1988). Assim, o Cu é essencial para os processos de respiração celular, hematopoiese, formação óssea, função cardíaca, reprodução, mielinização da medula espinhal, queratinização e pigmentação dos pelos e tecidos dentre outras (RADOSTITS et al., 2002).

Com o objetivo de contribuir com o estudo das carências minerais no Estado do Rio de Janeiro o presente trabalho tem a finalidade de relatar a ocorrência da deficiência de cobre associada a altos teores de Fe, Zn e Mn em rebanhos bovinos leiteiros na região do Médio Paraíba, Estado do Rio de Janeiro.

Material e Métodos

Em sete rebanhos bovinos com manifestações clínicas de deficiência de cobre nos municípios de Porto Real, Quatis, Resende, Barra do Piraí, Rio Claro, Rio das Flores e Piraí, na região sul do Estado do Rio de Janeiro, foi aplicado, aos produtores um questionário estruturado com questões abertas e fechadas versando sobre aspectos gerais da produção, manejo, alimentação, suplementação mineral e sinais sugestivos de deficiências minerais. A seguir foi realizado estudo *in loco* das manifestações clínicas de deficiência de Cu e outros minerais, e disponibilidade de nutrientes nos solos e pastagens, bem como foram analisados os teores de microelementos minerais no soro sanguíneo de bovinos adultos e jovens.

Após avaliação clínica dos animais dos rebanhos, mediante a concordância dos proprietários estabeleceu-se um calendário de visitas com a finalidade de coletar amostras de solo, forrageiras e material biológico (sangue) em dois períodos: maio/junho (final da estação chuvosa – outono na região) e, outubro/novembro (final da estação seca – primavera na região).

Trinta e três amostras de solo foram coletadas como descrito por Almeida, Santos e De Polli (1988) e processadas segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). As plantas foram obtidas na mesma área onde foi coletado o solo e estes foram processados para determinação de macro e micronutrientes conforme Tedesco et al. (1995). Amostras de sangue de 110 bovinos (86 vacas em lactação e 24 bezerros) foram obtidas por punção venosa em frascos sem anticoagulante. Do soro sanguíneo, por espectrofotometria óptica de emissão de plasma, foram determinados os teores de Cu, Fe, Mn e Zn.

Os resultados foram submetidos à análise descritiva utilizando-se as médias e os desvios padrões. Os valores nos diferentes momentos de coleta e entre vacas e bezerros foram comparados pelo teste T a 95% de confiança ($P > 0,05$) e discutidos em relação aos valores de referência e dados da literatura nacional.

Resultados e Discussão

Como manifestações de deficiências minerais foram registradas (Tabela 1): hábito de comer terra, despigmentação na pelagem e/ou pelagem escura com coloração avermelhada; emagrecimento acentuado no pós-parto, animais que mancam ou apresentam crepitação óssea ao se locomoverem, morte súbita, mucosas pálidas, perda de peso/animais magros, articulações endurecidas ou engrossadas, pelos claros e ralos ao redor dos olhos. Os animais adultos tinham com frequência rarefação e despigmentação da pelagem, sobretudo nas áreas dorsal e lombar. Outras informações como perda de libido de touros, repetição ou ausência deaios, abortos e morte súbita obtidas através de relato dos pecuaristas não foram confirmadas *in loco*. Vacas roendo osso, comendo corda, e bezerros roendo madeira e terra também foram evidenciados, e podem estar associados a deficiência de Co, P ou Cu (TOKARNIA et al., 2010).

Tabela 1. Manifestações de deficiências de cobre e/ou outras enfermidades em sete propriedades no Médio Paraíba, Rio de Janeiro.

Sinais relatados	Relatos		Possíveis deficiências
	Nº	%	
Hábito de comer terra	7	100	Fe, Cu, Co, Na
Pelagem preta com coloração avermelhada	6	85,7	Cu
Emagrecer muito no pós-parto	5	71,4	Cu, Co, Energia, Proteína
Despigmentação na pelagem	4	57,1	Cu
Animais que mancam/ossos rangem	1	14,3	Ca, P, Cu
Morte súbita	0	0	Cu
Mucosas pálidas	3	42,8	Cu, Co, Fe
Perda de peso/animais muito magros	1	14,3	P, Co, Cu, Energia, Proteína
Articulações endurecidas/grossas	1	14,3	Ca, P, Cu
Pelos ao redor dos olhos claros	4	57,1	Cu
Perda de libido de touros	0	0	Zn, Iodo, Cu
Repetição ou ausência deaios	6	85,7	Inespecífica
Baixa taxa de natalidade	6	85,7	Inespecífica
Pelos arrepiados, fracos, sem brilho	3	42,8	Inespecífica

Fonte: Elaboração dos autores.

Os sinais clínicos evidenciados apontam para a deficiência de cobre nas propriedades em estudo. No entanto, como sugerido por Tokarnia e Döbereiner (1976) e McDowell (1999) é possível que outras deficiências, neste caso P, Co e Zn estejam associadas. Não se descarta também as prováveis deficiências de energia e proteína resultantes tanto das condições dos pastos quanto das deficiências minerais diagnosticadas clinicamente.

A deficiência de Cu ou hipocuprose cursa com ampla variedade de manifestações clínicas que variam de acordo com idade, sexo, espécie, severidade e duração da carência (RIET-CORREA et al., 2001).

Redução da fertilidade relacionada como baixa taxa de natalidade e repetição e/ou ausência deaios e abortos entre outras causas, sobretudo infecciosas (GRAHAM, 1991), podem estar relacionadas com a deficiência de Cu (GONZÁLEZ, 2000; TOKARNIA et al., 2010). Estes relatos não foram comprovados durante as visitas e nas avaliação clínica em virtude da ausência de registros zootécnicos e controle de coberturas e partos nas propriedades em estudo. Além de deficiências de Zn e Cu estas alterações

podem estar relacionadas ao manejo inadequado ou déficit de energia e proteína.

Alguns sinais como mucosas pálidas (anemia), diarréia, anorexia, falhas reprodutivas e alterações da pelagem (pelos arrepiados, fracos e sem brilho) são pouco específicos (TOKARNIA et al., 2010), porém relacionados aos distúrbios metabólicos decorrentes da hipocuprose (RADOSTITS et al., 2002). Contudo, a despigmentação ou a coloração avermelhada da pelagem (acromotriquia) e a presença de animais com pelos ralos e claros ao redor dos olhos são as manifestações mais comumente associadas à deficiência primária ou condicionada de Cu em bovinos (CAVALHEIRO; TRINDADE, 1992; GONZÁLEZ, 2000; RADOSTITS et al., 2002; TOKARNIA et al., 2010).

Em aparente contradição com os sinais clínicos de deficiência de Cu observados nas propriedades, teores considerados altos desse elemento foram encontrados nos solos de todas as propriedades (Tabela 2), exceto em duas amostras de solo, uma em Quatis e outra em Porto Real com baixos teores. Nas forragens (Tabela 3) baixas concentrações desse elemento foram encontrados apenas em um

pasto de Rio das Flores (estação seca) e outro em Rio Claro (estação das chuvas). Em Barra do Pirai onde a deficiência de Cu já havia sido relatada anteriormente (TOKARNIA et al., 1971) os teores de Cu nos solos e pastagens variaram de adequado a alto.

Tabela 2. Valores médios, máximos, mínimos e desvio padrão de Cu, Zn, Mn e Fe nos solos de propriedades localizadas na região Médio Paraíba (RJ) que possuíam bovinos com manifestações sugestivas de deficiência de Cu em maio e junho (final do período das chuvas – outono) e outubro/novembro (final do período seco- primavera).

Minerais (mg/dm ³)		Valores de referência*	Maio/junho	Outubro/novembro
Cu	Média	1,55	3,03 ± 1,72a	3,13 ± 1,22a
	Mín.-Máx	1,3-1,8	0,7-6,1	1,3-5,0
Zn	Média	1,9	4,42 ± 2,05a	4,48 ± 1,91a
	Mín.-Máx	1,6-2,2	1,3-8,1	1,8-8,7
Mn	Média	10,5	76,54 ± 51,07a	78,24 ± 48,86a
	Mín.-Máx	9-12	8,0-183,0	30,0-158,4
Fe	Média	38	241,41 ± 231,32a	245,76 ± 140,67a
	Mín.-Máx	31-45	85,8-1045,2	103,2-510,4

Números seguidos de letras iguais (a) nas linhas indicam ausência de diferença significativa a 95% de confiança entre amostras coletadas em maio/junho e outubro/novembro.

Fonte: Ribeiro, Jacomine e Lima (1999).

Tabela 3. Valores de Cu, Zn, Mn e Fe nas forragens de propriedades localizadas na região Medio Paraíba (RJ) que possuíam bovinos com manifestações sugestivas deficiência de Cu. Em negrito assinalam-se os parâmetros que ficaram em acima dos considerados adequados para o rebanho, destaque para os valores de Mn e Fe.

Minerais (ppm)		Valores de referência*	Maio/junho	Outubro/novembro
Cu	Média	10	11,9 ± 2,92a	13,60 ± 5,23a
	Mín.-Máx	9-11	6-20	8-24
Zn	Média	48	67,47 ± 16,85a	76,20 ± 17,59a
	Mín.-Máx	43-54	32-100	58-112
Mn	Média	13	655,21 ± 500,44a	378,80 ± 69,18a
	Mín.-Máx	12-14	244-2640	274-468
Fe	Média	15	1.238,21 ± 1.460,68a	1.373,40 ± 1.624,99a
	Mín.-Máx	12-18	374-5.412	330-5.400

Números seguidos de letras iguais (a) nas linhas indicam ausência de diferença significativa a 95% de confiança entre amostras coletadas em maio/junho e outubro/novembro.

Fonte: NRC, 2001.

Nos solos, os teores no final da estação chuvosa (3,03±1,72 mg/dm³) não diferiram (P=0,87) do final da estação seca (3,13±1,22 mg/dm³), sendo considerados adequados valores entre 1,3 e 1,8 mg/dm³ (RIBEIRO; JACOMINE; LIMA, 1999). Alguns pastos apresentaram solos com valores considerados muito altos (6,1 mg/dm³ em Resende). O mesmo aconteceu com as forragens ao final das chuvas (11,9±12,92 ppm) sem diferença (P=0,24)

para o final da estação seca (13,60±5,23 ppm) sendo o mínimo de 10 ppm (NRC, 2001) adequado para manutenção de rebanhos leiteiros.

Os teores de Zn não diferiram (P=0,94) entre os períodos de coleta (4,42±2,05 mg/dm³ no final da estação chuvosa e 4,48±1,91 mg/dm³ no final da estação seca) e foram altos, ultrapassando os valores de 2,2 mg/dm³ reconhecidos como adequados (RIBEIRO; JACOMINE; LIMA, 1999), o que pode

ter contribuído para uma deficiência condicionada de Cu, por interferências na absorção (ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990). As forragens também apresentaram teores de Zn acima de 54 ppm tido como exigência máxima para gado leiteiro (NRC, 2001). As médias encontradas foram de $67,47 \pm 16,85$ ppm no final da estação chuvosa e $76,20 \pm 17,59$ ppm no final da estação seca.

Em relação ao manganês (Mn), os teores nos solos ($76,54 \pm 51,07$ mg/dm³) e forragens ($655,21 \pm 500,44$ ppm) no final das chuvas não apresentaram diferença para solos ($78,24 \pm 48,86$ mg/dm³) e forragens ($378,80 \pm 69,18$ ppm) no final da estação seca devendo ser de no máximo 12 mg/dm³ (RIBEIRO; JACOMINE; LIMA, 1999) e 14 ppm (NRC, 2001) para solos e forragens, respectivamente. Assim os teores de Mn se apresentaram elevados nos dois momentos de coleta em todas as propriedades.

Os teores de Fe nos solos ($241,41 \pm 231,32$ mg/dm³) e forragens ($1.238,21 \pm 1.460,68$ ppm) no final das chuvas não apresentaram diferença para os solos ($245,76 \pm 140,67$ mg/dm³) e forragens ($1.373,40 \pm 1.624,99$ ppm) no final da estação seca. Os teores nos solos e forragens deveriam ser de no máximo 45 mg/dm³ (RIBEIRO; JACOMINE; LIMA, 1999) e 18 ppm (NRC, 2001) respectivamente. Portanto nas forragens se apresentaram com variações de 14 a 16 vezes entre o menor e o maior teor deste elemento, estando excessivamente altos em ambas as estações.

Nas propriedades estudadas todos os animais apresentaram valores séricos de Cu abaixo dos limites fisiológicos de 0,6 a 1,5 ppm (GONZÁLEZ, 2000; MARQUES JUNIOR et al., 2003; SUTTLE, 2010), estando a média dos rebanhos em 0,43 ppm, apesar dos valores normais nos solos e pastagens nas duas épocas de análise. Entre as vacas ($0,43 \pm 0,12$ ppm) e bezerros ($0,46 \pm 0,24$ ppm) não houve diferença ($P=0,28$). No início da estação seca ($0,42 \pm 0,14$ ppm) as médias foram ligeiramente menores, mas sem diferença significativa ($p=0,44$) em relação ao início das chuvosas ($0,45 \pm 0,17$ ppm).

Embora seja comum em ruminantes a pasto a deficiência de Cu “induzida” pela presença de altas concentrações de Molibdênio (Mo) e enxofre (S), os principais antagonistas do Cu (HUMPHRIES et al., 1983), neste estudo a deficiência de Cu esteve provavelmente relacionada aos altos teores de Fe, Mn e Zn, em solos e pastagens os quais prejudicam a assimilação de Cu pelos animais. (ENSMINGER; OLDFIELD; HEINEMANN, 1990; NRC, 2001; SUTTLE, 2010).

Conclusões

Os sinais compatíveis com a deficiência do Cu nas propriedades da região em estudo podem ser justificados pelos altos níveis de Fe, Mn e Zn nos solos e pastagens os quais limitam a absorção do Cu resultando em deficiência condicionada do elemento.

Agradecimentos

Ao professor Carlos Maria Antônio Hubinger Tokarnia pelos ensinamentos e sugestões. Ao CNPq e a FAPERJ pelo auxílio financeiro.

Referências

- ALMEIDA, D. L.; SANTOS, G. A.; DE POLLI, H. *Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro*. Seropédica: EDUR – Editora da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1988. 179 p. (Série Ciências Agrárias, 2).
- CAVALHEIRO, A. C. L.; TRINDADE, D. S. *Os minerais para bovinos e ovinos criados em pastejo*. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto, 1992. 142 p.
- DANKS, D. M. Copper deficiency in humans. *Annual Nutrition Reviews*, Califórnia, v. 8, p. 235-257, 1988.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; HEINEMANN, W. W. *Feeds and nutrition*. 2. ed. California: The Ensminger Publishing Company, 1990. 1552 p.

- GONZÁLEZ, F. H. D. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral dos ruminantes. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; BARCELLOS, J.; PATIÑO, H. O.; RIBEIRO, L. A. *Perfil Metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais*. Porto Alegre: Gráfica UFRGS, 2000. p. 31-51.
- GRAHAM, T. W. Trace element deficiencies in cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, Philadelphia, v. 7, n. 1, p. 153-215, 1991.
- HACKBART, K. S.; FERREIRA, R. M.; DIETSCH, A. A.; SOCHA, M. T.; SHAVER, R. D.; WILTBANK, M. C.; FRICKE, P. M. Effect of dietary organic zinc, manganese, copper, and cobalt supplementation on milk production, follicular growth, embryo quality, and tissue mineral concentrations in dairy cows. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 88, p. 3856-3870. 2010. Disponível em: <<http://jas.fass.org/content/88/12/3856.full.pdf+html>>. Acesso em: 03 mar. 2011.
- HUMPHRIES, W. R.; PHILLIPPO, M.; YOUNG, B. W.; BREMNER, I. The influence of dietary iron and molybdenum on copper metabolism in calves. *British Journal Nutrition*, Cambridge, v. 49, n. 1, p. 77-86, 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da pecuária municipal 2009. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.
- LAMB, G. C.; BROWN, D. R.; LARSON, J. E.; DAHLEN, C. R.; DILORENZO, N.; ARTHINGTON, J.; DICOSTANZO, A. Effect of organic or inorganic trace mineral supplementation on follicular response, ovulation, and embryo production in superovulated Angus heifers. *Animal Reproduction Science*, Manchester, v. 106, n. 3, p. 221-231, 2008.
- MARQUES JUNIOR, A. P.; RIET-CORREA, F.; SOARES, M. P.; ORTOLANI, E. L.; GIULIODORI, M. J. Mortes súbitas em bovinos associadas à carência de cobre. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 23, n. 1, p. 21-32, 2003.
- McDOWELL, L. R. *Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais enfatizando o Brasil*. 3. ed. Gainesville: University of Florida, 1999.
- MENEZES, C. E. G. *Integridade de paisagem, manejo e atributos do solo no Médio Vale do Paraíba do Sul, Pinheiral-RJ*. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Instituto de Agronomia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- MORAES, S. S.; SILVA, G. N.; DOBEREINER, J. Microelementos minerais e a “cara inchada” dos bovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 14, n. 1, p. 25-33, 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7. ed. Washington: National Academy of Sciences, 2001. 408 p.
- RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C.; HINCHCLIFF, K. W. *Clínica veterinária – um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. cap. 29, p. 1477-1502.
- RIBEIRO, M. R.; JACOMINE, P. K. T.; LIMA, J. *Caracterização de solos de referência do Estado de Pernambuco*. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 1999. 104 p.
- RIET-CORREIA, F.; SCHILD, A. L.; MÉNDEZ, M. C.; LEMOS, R. A. A. *Doenças de ruminantes e equinos*. 2. ed. São Paulo: Varela, 2001. v. 2, 573 p.
- SANTOS, N. V. M.; SARKIS, J. S.; GUERRA, J. L.; MAIORKA, P. C.; HORTELANI, M. A.; SILVA, F. F.; ORTOLANI, E. L. Avaliação epidemiológica, clínica, anatomopatológica e etiológica de surtos de ataxia em cabritos e cordeiros. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1207-1213, 2006.
- SUTTLE, N. F. *Mineral nutrition of livestock*. 4. ed. Oxfordshire: CABI, 2010. 600 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).
- TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J. Doenças causadas por deficiências minerais em bovinos em regime de campo no Brasil. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE PESQUISA EM NUTRIÇÃO MINERAL DE RUMINANTES EM PASTAGENS, 1., 1976, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: UFMG-UFV-ESAL-EPAMIG, 1976. p. 298-308.
- TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S. S. Situação atual e perspectivas da investigação sobre nutrição mineral em bovinos no Brasil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 8, n. 1-2, p. 1-16. 1988.
- TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; MORAES, S. S.; PEIXOTO, P. V. Deficiências e desequilíbrios minerais em bovinos e ovinos ¾ revisão dos estudos realizados no Brasil de 1987 a 1998. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 19, n. 2, p. 47-62. 1999.
- TOKARNIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 127-138, 2000.

TOKARNIA, C. H.; GUIMARÃES, J. A.; CANELLA, C. F. C.; DÖBEREINER, J. Deficiências de cobre e cobalto em bovinos e ovinos em algumas regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 6, p. 61-77, 1971.

TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V.; BARBOSA, J. D.; BRITO, M. F.; DÖBEREINER, J. *Deficiências minerais em animais de produção*. Rio de Janeiro: Helianthus, 2010. 320 p.

VASQUEZ, E. F. A.; HERRERA, A. P. N.; SANTIAGO, G. S. Interação cobre, molibdênio e enxofre em ruminantes. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1101-1106, 2001.