

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO**

**MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BEZERROS DE  
CORTE NO PRÉ-DESMAME**

**Anderson Luiz de Lucca Bento**

**CAMPO GRANDE, MS  
2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL  
CURSO DE DOUTORADO**

**MICROMINERÁIS INJETÁVEIS PARA BEZERROS DE  
CORTE NO PRÉ-DESMAME**

*Injectable trace minerals for beef calves in the pre weaning phase*

**Anderson Luiz de Lucca Bento**

**Orientador: Prof. Dr. Gumercindo Loriano Franco**

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

**CAMPO GRANDE, MS  
2021**

Dedico a minha amada família, minha  
maior referência!

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) pela oportunidade de realizar este curso;

Ao professor Dr. Gumerindo Lorian Franco pelo exemplo de conduta profissional, pela orientação inestimável, por todos conhecimentos transmitidos ao longo destes dez anos de convivência agradável, pela dedicação e amizade, minha profunda gratidão;

Aos professores Dr. Fabio José Carvalho Faria e Dr. Ricardo Antonio Amaral de Lemos, e aos colegas Dr. Marcelo Vedovatto e Dra. Marcella Cândia D'Oliveira, pelas inúmeras e valiosas contribuições, pela disponibilidade e prontidão em ajudar, sendo de fundamental importância para a qualidade desse trabalho;

A todos os professores da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, pela dedicação e por todos os ensinamentos;

Aos Funcionários da Fazenda Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, pela convivência, amizade e auxílio nos trabalhos de campo;

Aos secretários da Pós-graduação Fernando Diogo Patez e Ricardo Oliveira Santos, pela grande amizade e prontidão em ajudar;

Aos meus colegas de pós-graduação Eduardo de Assis Lima, Ibrahim Miranda Cortada Neto, Luana Silva Caramalac, Rafaela Nunes Coelho e Uriel de Almeida Curcio, pela ajuda na condução do experimento, pelas discussões que contribuíram para o enriquecimento da minha formação e pela amizade, meus sinceros agradecimentos;

Aos estagiários pela amizade, auxílio prestado, proatividade e comprometimento, fundamentais para a execução das diferentes etapas desse experimento;

À minha família pelos ensinamentos, por priorizarem minha educação e compreensão pelos dias ausentes;

Aos meus pais Lizabete Coutinho de Lucca e Antônio Siverino Bento pelo incentivo em ingressar na Graduação em Zootecnia e na Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo apoio incondicional ao longo desse processo e por todo amor;

À minha esposa Raizza Fátima Abadia Tulux Rocha, por estar sempre ao meu lado, pelo apoio total e auxílio nas diversas atividades desde a graduação até o doutorado, pela paciência nos momentos difíceis e por me proporcionar muitas alegrias nesses 12 anos que estamos juntos;

Aos meus irmãos Andressa de Lucca Bento e Andrey de Lucca Bento, a minha madrastra Rosemary Assunção, aos meus sogros Lélia Tulux e Claudio Antônio Rocha, às minhas cunhadas Claire Martha Ellen Tulux Rocha, Íris Bárbara Laudicena Tulux Rocha e Suelen Katarine Tulux Rocha, e cunhado Gildo Andrade, aos meus concunhados Daniel Alves Conque e William Cavalcante Godoy, e especialmente aos meus sobrinhos Davi Rocha Godoy, Helena Tulux Rocha Alves Conque, Ivan Rocha Godoy, Julia Tulux Rocha Alves Conque e Laís Rocha Godoy, pela amizade, pelos momentos de descontração e pela ajuda em todos os momentos;

Aos amigos de longa data Alberto de Oliveira Gaspar, Aldo Felipe Fava, Bruno Ruiz Vida, Caroline Bertoline Ribeiro, Erico Carneiro, Henrique Barbosa de Freitas, Jonathan Coimbra Carvalho, Luanna Lopes Paiva, Mayara Mitiko Yoshihara Carneiro, Stephan Alexander da Silva Alencar e Waldinei Caballero pelo companheirismo e amizade sincera;

À Coordenação de Aperfeiçoamento Profissional de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT) por financiar os experimentos;

À Empresa Multimin (Fort Collins, CO, USA) pela doação do produto e por nos incentivar a conduzir os experimentos com reprodução;

À todos não mencionados diretamente nessa seção e que fizeram parte dessa etapa da minha caminhada, muito obrigado!

## RESUMO

BENTO, A. L. L. Microminerais injetáveis para bezerros de corte no pré-desmame. 2021. 100f. Tese - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos da aplicação de uma mistura de microminerais (Cu, Mn, Se e Zn), 14 dias antecedendo ao desmame, sobre os parâmetros hematológicos, sistema imunológico, atividade antioxidante, status de microminerais e desempenho de bezerros de corte no período pós-desmame. No primeiro capítulo foi realizada uma revisão de literatura ressaltando o papel dos microminerais no organismo animal, os resultados obtidos e potencial de uso de misturas de microminerais injetáveis (MMI) em diferentes momentos do ciclo de produção de bovinos. Nos demais capítulos, foram avaliados os efeitos da aplicação de MMI em dose única sobre as variáveis hematológicas e sistema imunológico (Capítulo 2) e sobre o desempenho, status de microminerais e carga parasitária de (Capítulo 3) de bezerros suplementados com MMI 14 dias pré-desmame e mantidos em pastagens de clima tropical. No capítulo 2 foram utilizados 64 bezerros subdivididos em dois lotes em função da época de nascimento, sendo 32 machos e 32 fêmeas (média de idade ao desmame de 208 dias). As fêmeas apresentaram peso corporal (PC) médio inicial de  $163 \pm 19$  kg e os machos  $181 \pm 23$  kg. O estudo teve duração de 70 dias por lote, compreendendo o período de 14 dias anteriores ao desmame (d-14) a 56 dias após o desmame (d56). Os animais foram divididos pelo PC e sexo em dois tratamentos: SALINA, injeção de solução salina contendo 0,9% de NaCl (1 mL/45 kg de PC) e MMI, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC) contendo Cu, Mn, Se e Zn na composição. Os MMI apresentavam 15 mg de Cu/mL, 10 mg de Mn/mL, 5 mg de Se/mL e 60 mg de Zn/mL. Os animais foram manejados sempre em lote único e alternados em diferentes piquetes de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com acesso a água e suplementação mineral. De forma semelhante, no capítulo 3 foram utilizados os mesmos animais do capítulo 2 e outros 56 bezerros (com média de idade de 8 meses), sendo 24 machos (PC médio inicial de  $202 \pm 34$  kg) e 32 fêmeas ( $206 \pm 38$  kg), submetidos ao mesmo protocolo experimental. No capítulo 2 observou-se uma tendência ( $P = 0,0836$ ) de maior concentração de hemácias no momento do desmame em animais que receberam MMI. Foi observada redução do volume corpuscular médio (VCM;  $P = 0,0208$ ) nos animais tratados com MMI comparativamente ao SALINA. Houve uma tendência ( $P = 0,0884$ ) de redução da hemoglobina corpuscular média (HCM) quando os animais foram tratados com MMI. Não houve efeito de tratamento ou interação tratamento x dia para as variáveis avaliadas no leucograma ( $P > 0,05$ ), havendo efeito de dia ( $P < 0,05$ ) para estas variáveis. No capítulo 3 a aplicação de MMI não influenciou o PC e o GMD dos animais ( $P > 0,05$ ), não havendo interação tratamento x dia ( $P > 0,05$ ) na avaliação do PC em ambos os experimentos. Foi observado efeito de dia para o PC dos animais ao longo da avaliação ( $P \leq 0,05$ ). A aplicação de MMI também não influenciou ( $P > 0,05$ ) a contagem de ovos nas fezes (OPG) entre o início e o final do experimento 2. A aplicação de MMI 14 dias antecedendo ao desmame reduziu o VCM e o HCM, aumentou a concentração de plaquetas pré-desmame e de hemácias no dia do desmame, com menor concentração de plaquetas 14 dias após o desmame, não apresentando efeitos sobre os componentes do sistema imunológico, bem como não influenciou o GMD e a carga parasitária dos animais. Apesar do maior aporte de microminerais proporcionado pelo MMI, as limitações de macronutrientes (principalmente proteína bruta) reduziram o desempenho e limitaram os possíveis efeitos do MMI sobre o desempenho produtivo.

**Palavras-Chave:** Bovinos. Desempenho. Estresse oxidativo. Status de microminerais.

## ABSTRACT

BENTO, A. L. L. Injectable trace minerals for beef calves in the pre weaning phase. 2021. 100f. Tese - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2021.

The objectives with this work were to evaluate the effects of applying a mixture of trace minerals (Cu, Mn, Se and Zn) 14 prior to weaning on hematological parameters, immune function, antioxidant activity, trace element status and performance of beef calves in the post-weaning period. In the first chapter, literature review was carried out highlighting the role of trace minerals in the animal organism, the obtained results and the potential for using injectable trace mineral mixtures (ITM) at different moments of cattle production cycle. In the remaining chapters, the application effects of a single ITM dose on hematological variables and immune system (chapter 2) and on performance, trace mineral status and parasitic load (chapter 3) of calves maintained in tropical pastures, supplemented with ITM 14 pre-weaning were evaluated. In chapter 2, 64 calves divided in two groups according to birth time were used, being 32 males and 32 females (mean age 208 days at weaning). Females had mena initial BW of  $163 \pm 19$  kg and males  $181 \pm 23$  kg. Study lasted 70 days per group, comprising a period from 14 days prior to weaning (d-14) to 56 days after weaning (d56). Animals were divided based on BW and sex into two treatments: SALINE, saline injection (1 mL/45 kg BW) and ITM, injectable trace minerals (1 mL/45 kg BW) containing Cu, Mn, Se and Zn on its composition. ITM had 15 mg of Cu/mL, 10 mg of Mn/mL, 5 mg of Se/mL and 60 mg of Zn/mL. Animals were Always maintained in a unic group and alternated in diferente paddocks of *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, with access to water and mineral mixture. Similary, in chapter 3 the same calves of chapter 2 and other 56 calves (average age 8 months) were used, being 24 males(initial BW  $202 \pm 34$  kg) and 32 females (initial BW  $206 \pm 38$  kg), submitted to the same experimental protocol. In chapter 2, there was a trend ( $P = 0.0836$ ) of greater red blood cell concentration at the time of weaning in animals that received ITM. A reduction in mean corpuscular volume (MCV;  $P = 0.0208$ ) was observed in animals treated with ITM compared to SALINE. There was a tendency ( $P = 0.0884$ ) to reduce mean corpuscular hemoglobin (MCH) when animals were treated with ITM. There was no treatment effect or treatment x day interaction for the leukogran evaluated variables ( $P > 0.05$ ), with a day effect ( $P < 0.05$ ) for these variables. In chapter 3, the application of ITM did not influence BW and ADG of calves ( $P > 0.05$ ), with no treatment x day interaction ( $P > 0.05$ ) in the evaluation of the BW in both experiments. Day effect for BW was observed throughout the evaluation ( $P \leq 0.05$ ). The application of ITM also did not influence ( $P > 0.05$ ) the egg count in the feces (eggs/g) between the beginning and the end of the experiment 2. ITM application 14 days before weaning reduced MCV and MCH, increased the concentration of pre-weaning platelets and red blood cells on the day of weaning, with a lower concentration of platelets 14 days after weaning, having no effects on components of immune system, as well as did not influence ADG and the parasitic load of the animals. Despite the greater supply of trace minerals provided by ITM, the macronutrient limitations (mainly CP) reduced performance and limited possible effects of ITM on productive performance.

**Key words:** Cattle. Oxidative stress. Performance. Trace mineral status.

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 1 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS: UMA REVISÃO**

- Tabela 1. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis (MMI) sobre a saúde e o desempenho reprodutivo de vacas.....49
- Tabela 2. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis (MMI) sobre a saúde e o desempenho de bovinos jovens.....50

### **CAPÍTULO 2 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS DE CORTE NO PERÍODO PRÉ-DESMAME SOBRE AS VARIÁVEIS HEMATOLÓGICAS**

- Tabela 1. Composição química das pastagens durante período experimental.....70
- Tabela 2. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o eritrograma de bezerros de corte mantidos em pastagens tropicais.....71
- Tabela 3. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o leucograma de bezerros mantidos em pastagens tropicais.....73

### **CAPÍTULO 3 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS NO PERÍODO PRÉ-DESMAME SOBRE O DESEMPENHO E RESISTÊNCIA PARASITÁRIA DE BEZERROS NELORE EM PASTAGENS TROPICAIS**

- Tabela 1. Composição química das pastagens durante período experimental.....94
- Tabela 2. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o desempenho de bezerros de corte (Experimento 1).....95
- Tabela 3. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o desempenho de bezerros de corte (Experimento 2).....96
- Tabela 4. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre a contagem de OPG de bezerros de corte (Experimento 2).....97

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALB	Albumina	LSMEANS	Least-Squares Means
AST	Aspartato aminotransferase	Mg	Magnésio
AOAC	Association of Official Analytical Chemists	MM	Materia Mineral
BVDV	Diarreia Viral Bovina	Mn	Manganês
Ca	Cálcio	Mo	Molibdênio
CCS	Contagem de Células Somáticas	MS	Matéria Seca
Cd	Cádmio	NASEM	National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine
CHCM	Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média	NRC	National Research Council
CNF	Carboidratos Não Fibrosos	Ni	Níquel
CMS	Consuno de Matéria Seca	OPG	Ovos por Grama de Fezes
Co	Cobalto	P	Fósforo
Cr	Cromo	PB	Proteína Bruta
Cu	Cobre	PC	Peso Corporal
EE	Extrato Etéreo	PT	Proteína Total
EPM	Erro Padrão da Média	RDW-CV	Amplitude de distribuição das hemácias expresso com coeficiente de variação
FDA	Fibra em Detergente Ácido	ROS	Espécies Reativas de Oxigênio
FDN	Fibra em Detergente Neutro	S	Enxofre
Fe	Ferro	SAS	Statistical Analysis System
GGT	Glutamiltransferase	Se	Selênio
GMD	Ganho Médio Diário	SOD	Superóxido Dismutase
GSH-Px	Glutathiona Peroxidase	SALINA	Solução Salina
HCM	Hemoglobina Corpuscular Média	TGI	Trato Gastro Intestinal
I	Iodo	VCM	Volume Corpuscular Médio
IA	Inseminação Artificial	Zn	Zinco
IATF	Inseminação Artificial em Tempo Fixo		

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
Literatura citada .....	13
<b>CAPÍTULO 1 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS:UMA REVISÃO</b> ..	15
Resumo .....	17
Abstract.....	18
Introdução .....	19
Disponibilidade e importância dos microminerais no organismo animal.....	20
Potenciais benefícios do fornecimento de microminerais acima dos requerimentos nutricionais.....	31
Efeito da aplicação de microminerais injetáveis em vacas .....	35
Efeito no desempenho reprodutivo de vacas .....	36
Efeito da aplicação de microminerais injetáveis em bezerros .....	37
Efeito no ganho de peso e consumo de animais recém confinados .....	39
Conclusões .....	40
Referências.....	40
<b>CAPÍTULO 2 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS DE CORTE NO PERÍODO PRÉ-DESMAME SOBRE AS VARIÁVEIS HEMATOLÓGICAS</b> .....	51
Resumo .....	53
Introdução .....	55
2. Material e Métodos .....	56
2.1 Animais, tratamentos e colheita de amostras .....	56
2.2 Análises laboratoriais .....	58
2.3 Análises estatísticas.....	58
3.0 Resultados.....	59
4.0 Discussão .....	60
5.0 Conclusão.....	65
Conflito de interesse .....	65
Agradecimentos .....	65
Referências.....	65
<b>CAPÍTULO 3 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS NO PERÍODO PRÉ-DESMAME SOBRE O DESEMPENHO DE BEZERROS NELORE EM PASTAGENS TROPICAIS</b> .....	74
Resumo .....	76

1. Introdução .....	78
2. Material e Métodos .....	79
2.1 Animais, tratamentos e coletas de amostras.....	80
2.2 Análises laboratoriais .....	82
2.3 Análises estatísticas.....	83
3.0 Resultados.....	83
4.0 Discussão .....	84
5.0 Conclusão.....	88
Conflito de interesse .....	88
Agradecimentos .....	88
Referências.....	88
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE.....</b>	<b>98</b>

## 1 INTRODUÇÃO

2

3

4 Os microminerais são elementos requeridos em pequenas concentrações e estão presentes  
5 em quantidades mínimas no corpo dos animais, todavia, são imprescindíveis para o  
6 funcionamento normal de todos os processos metabólicos (Suttle, 2010).

7 A concentração destes microminerais no corpo deve ser mantida dentro de faixas  
8 adequadas, de modo a evitar deficiências, toxicidades ou desequilíbrios, que podem induzir a  
9 ocorrência de distúrbios e a necessidade de ajustes metabólicos, resultando na redução do  
10 desempenho animal e conseqüentemente, em perdas econômicas (Suttle, 2010; Spears e Weiss,  
11 2014).

12 Cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), iodo (I), manganês (Mn), molibdênio  
13 (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn), são os microminerais requeridos por ruminantes  
14 (NASEM, 2016). Embora sejam necessários em pequenas quantidades, estes elementos são  
15 altamente essenciais para a manutenção da saúde e imunidade dos animais, sendo importantes  
16 para a função de diversas enzimas e proteínas, que atuam em um grande número de processos  
17 digestivos, fisiológicos e biossintéticos no corpo, tendo assim papel vital no crescimento,  
18 produção e reprodução (Yatoo et al., 2013).

19 Esses elementos devem ser fornecidos aos animais em concentrações ótimas, de acordo  
20 com as exigências, que podem variar em função da taxa de crescimento do animal ou da etapa  
21 do ciclo de produção em que se encontra, sendo sua demanda comumente elevada em períodos  
22 de maior estresse, como próximo ao parto e início da lactação, desmame e entrada no  
23 confinamento (López-Alonso, 2012).

24 Nos sistemas de produção de bovinos em pastejo, predominantes na maioria das regiões  
25 pecuárias do mundo, a produtividade animal é dependente da qualidade destes pastos, que  
26 apresentam flutuações em sua composição e valor nutricional decorrentes de características do  
27 solo e clima. Desse modo, ruminantes em pastejo estão frequentemente sujeitos a ocorrência de  
28 deficiências e desequilíbrios nutricionais, que são em geral, corrigidas com programas de  
29 suplementação.

30 Contudo, o atendimento dessas exigências de bovinos em pastejo é uma tarefa complicada  
31 devido a diversos fatores como a presença de elementos antagonistas na forragem e água de  
32 bebida, e dificuldades na garantia de um consumo regular e previsível de suplemento mineral.

33 Apenas a inclusão dos microminerais na dieta pode não assegurar seu consumo e  
34 absorção, podendo haver variações no consumo de alimento entre os animais e  
35 consequentemente na ingestão de microminerais, e interações destes com elementos  
36 antagonistas que podem apresentar efeito negativo sobre sua absorção no trato digestivo  
37 (Machado et al., 2013).

38 Deficiências subclínicas de microminerais podem ocorrer de forma frequente, gerando  
39 perdas difíceis de quantificar, devido a não levarem a ocorrência de sintomas específicos,  
40 ocasionando reduzidas taxas de crescimento e reprodutivas e menor eficiência do sistema imune  
41 (Suttle, 2010).

42 Efeitos positivos da administração de microminerais injetáveis e melhoria do status de  
43 microminerais sobre a saúde e produção animal, evidenciando reduções de morbidade,  
44 diminuições de custos com tratamentos e melhoria no desempenho produtivo foram  
45 demonstrados (Bittar et al., 2020; Machado et al., 2013; Teixeira et al., 2014; Yattoo et al.,  
46 2013).

47 Dessa forma, alternativas que possam complementar a suplementação mineral  
48 convencional (mistura mineral em pó) durante períodos críticos do sistema de produção podem  
49 ser utilizadas para fornecer microminerais chave, visando efeitos positivos sobre a saúde e  
50 produtividade do rebanho.

51 A administração de microminerais via injeções subcutâneas é um método de  
52 suplementação que apresenta como vantagens o fornecimento individual de quantidades  
53 conhecidas de microminerais aos animais, removendo a variabilidade associada a flutuações no  
54 consumo voluntário e interações com outros minerais no trato gastrointestinal e a possibilidade  
55 de utilização em ambientes onde o fornecimento de misturas minerais pode ser dificultado  
56 (Arthington et al., 2014). Estudos com a utilização dessa técnica têm reportado efeitos positivos  
57 sobre a saúde, resposta imune, eficiência alimentar e desempenho de bovinos (Clark et al., 2006;  
58 Richeson e Kegley, 2011; Arthington e Havenga, 2012).

59 Desse modo, objetivou-se com esse trabalho: Capítulo 1 – realizar uma revisão de  
60 literatura ressaltando o papel dos microminerais no organismo animal, os resultados obtidos e  
61 potencial de uso de misturas de microminerais injetáveis (MMI) em diferentes momentos do  
62 ciclo de produção de bovinos; Capítulo 2 - Avaliar os efeitos da aplicação de MMI em dose  
63 única sobre as variáveis hematológicas e sistema imunológico de bezerros suplementados com  
64 MMI 14 dias pré-desmame e mantidos em pastagens de clima tropical; e Capítulo 3 - Avaliar  
65 os efeitos da aplicação de MMI em dose única sobre o desempenho, status de microminerais e

- 66 carga parasitária de bezerros suplementados com MMI 14 dias pré-desmame e mantidos em  
67 pastagens de clima tropical.

68 **LITERATURA CITADA**

69

70

71 ARTHINGTON, J. D.; HAVENGA, L. J. Effect of injectable trace minerals on the humoral  
72 immune response to multivalent vaccine administration in beef calves. **Journal of Animal  
73 Science**, v. 90, p. 1966–1971, 2012.

74

75 ARTHINGTON, J.D.; MORIEL, P.; MARTINS, P.G.M.A.; LAMB, G.C.; HAVENGA, L.J.  
76 Effects of trace mineral injections on measures of performance and trace mineral status of pre-  
77 and postweaned beef calves. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2630–2640, 2014.

78

79 BITTAR, J. H. J.; PALOMARES, R. A.; HURLEY, D. J.; HOYOS-JARAMILLO, A.;  
80 RODRIGUEZ, A.; STOSKUTE, A.; HAMRICK, B.; NORTON, N.; ADKINS, M.; SALIKI, J.  
81 T.; SANCHEZ, S.; LAUBER, K. Immune response and onset of protection from Bovine viral  
82 diarrhea virus 2 infection induced by modified-live virus vaccination concurrent with injectable  
83 trace minerals administration in newly received beef calves. **Veterinary Immunology and  
84 Immunopathology**, v. 225, 2020.

85

86 CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHMIDT, T. B.; LARSON, R. L.; ELLERSIECK, M. R.;  
87 ALKIRE, D. O.; MEYER, D. L.; RENTFROW, G. K.; CARR, C. C. Effects of respiratory  
88 disease risk and a bolus injection of trace minerals at receiving on growing and finishing  
89 performance by beef steers. **The Professional Animal Scientist**, v. 22, p. 1–7, 2006.

90

91 LÓPEZ-ALONSO, M. Trace minerals and livestock: not too much not too little. **ISRN  
92 Veterinary Science**, 2012.

93

94 MACHADO, V. S.; BICALHO, M. L. S.; PEREIRA, R. V.; CAIXETA, L. S.; KNAUER, W.  
95 A.; OIKONOMOU, G.; GILBERT, R. O.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable trace  
96 mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health and,  
97 production of lactating Holstein cows. **The Veterinary Journal**, v. 197, p. 451-456, 2013.

98

99 NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient  
100 Requirements of Beef Cattle. 8th revised edition. Washington, DC: National Academy Press,  
101 2016.

- 102 RICHESON, J. T.; KEGLEY, E. B. Effect of Supplemental trace minerals from injection on  
103 health and performance of highly stressed, newly received beef heifers. **The Professional**  
104 **Animal Scientist**, v. 27, p. 461–466, 2011.
- 105
- 106 SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Invited review: mineral and vitamin nutrition in ruminants. **The**  
107 **Professional Animal Scientist**, v. 30, p. 180-191, 2014.
- 108
- 109 SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 4rd edition. CABI, 2010. 579 p.
- 110
- 111 TEIXEIRA, A.G.V.; LIMA, F.S.; BICALHO, M.L.S.; KUSSLER, A.; LIMA, S.F.; FELIPPE,  
112 M.J.; BICALHO, R.C. Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium,  
113 copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. **Journal of Dairy**  
114 **Science**, v.97, p.4216–4226, 2014.
- 115
- 116 YATOO, M. I.; SAXENA, A.; DEEPA, P. M.; HABEAB, B. P; DEVI, S.; JATAV, R. S.;  
117 DIMRI, U. Role of trace elements in animals: a review. **Veterinary World**, v. 6, n. 12, p. 963-  
118 967, 2013.

**119    CAPÍTULO 1 - MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS: UMA REVISÃO**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação no periódico Boletim da Indústria Animal.

120 **MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS: UMA REVISÃO**

121

122 BENTO, Anderson Luiz de Lucca<sup>1</sup>; FRANCO, Gumercindo Lorian<sup>1\*</sup>

123

124 <sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Medicina Veterinária e

125 Zootecnia, Av. Senador Filinto Muller, 2443, Vila Ipiranga, CEP 79070-900, Campo

126

Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

127

\*Endereço para correspondência: [gumercindo.franco@ufms.br](mailto:gumercindo.franco@ufms.br)

128

## 129 MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BOVINOS DE CORTE: UMA REVISÃO

130

### 131 RESUMO

132

133 Os microminerais são elementos requeridos em pequenas quantidades, são imprescindíveis para  
134 o funcionamento normal de todos os processos metabólicos e essenciais para a manutenção da  
135 saúde e imunidade dos animais, sendo importantes para a função de diversas enzimas e  
136 proteínas, que atuam em um grande número de processos digestivos, fisiológicos e biossintéticos  
137 no corpo, tendo assim papel vital no crescimento, produção e reprodução. A oxidação é um  
138 processo normal do metabolismo, onde são produzidos radicais livres, que podem causar danos  
139 a outras macromoléculas e interrupção do metabolismo normal. Em animais saudáveis, o sistema  
140 antioxidante atua na redução desses radicais conforme são produzidos pelo metabolismo,  
141 prevenindo a ocorrência de danos a células e organelas. Em momentos de elevada demanda  
142 metabólica, a velocidade de produção de radicais livres pode superar a capacidade de  
143 neutralização pelo sistema antioxidante, levando a ocorrência do estresse oxidativo. O Cu, Mn,  
144 Se e Zn, são minerais chave nesse processo. Quando esses minerais encontram-se em quantidades  
145 suficientes no organismo, o corpo é capaz de produzir antioxidantes em quantidades adequadas,  
146 prevenindo ou minimizando a ocorrência de danos causados pelo estresse oxidativo. A  
147 administração de microminerais via injeções subcutâneas é um método que apresenta como  
148 vantagens o fornecimento individual de quantidades conhecidas de microminerais aos animais,  
149 removendo a variabilidade associada a flutuações no consumo voluntário e interações com outros  
150 minerais no trato gastrointestinal e a possibilidade de utilização em ambientes onde o  
151 fornecimento de misturas minerais pode ser dificultado, tendo sido reportados efeitos positivos  
152 sobre a saúde, resposta imune, eficiência alimentar e desempenho de bovinos. Fontes de  
153 microminerais contendo Cu, Mn e Zn quelatadas com EDTA e selenito de sódio demonstraram  
154 proporcionar incrementos no status de microminerais, sem causar a ocorrência de reações  
155 inflamatórias no local da injeção, complementando a suplementação convencional, podendo ser  
156 utilizadas de forma estratégica em fases do ciclo de produção onde a suplementação oral pode  
157 não atender completamente as exigências nutricionais dos animais. Estudos evidenciam os  
158 potenciais benefícios da suplementação injetável com microminerais em diferentes momentos do  
159 ciclo produtivo de bovinos, comumente associados a um maior estresse oxidativo e imunidade  
160 deprimida.

161 **Palavras-chaves:** bezerros, estresse oxidativo, imunidade, minerais traço

## INJECTABLE TRACE MINERALS FOR BEEF CATTLE: A REVIEW

162

163

### 164 ABSTRACT

165

166 Trace minerals are elements required in small quantities, they are essential for the normal  
167 functioning of all metabolic processes and essential for maintaining health and immunity of  
168 animals, being important for function of several enzymes and proteins, which act in a large  
169 number of digestive, physiological and biosynthetic processes in the body, thus, having a vital  
170 role in growth, production and reproduction. Oxidation is a normal process of metabolism, where  
171 free radicals are produced, which can cause damage to other macromolecules and disrupt normal  
172 metabolism. In healthy animals, antioxidant system acts to reduce these radicals as they are  
173 produced by metabolism, preventing damage to cells and organelles. In times of high metabolic  
174 demand, the speed of free radical production can overcome the neutralization capacity by the  
175 antioxidant system, leading to oxidative stress. Cu, Mn, Se and Zn are key elements in this  
176 process. When these minerals are found in sufficient amounts, the body is able to produce  
177 antioxidants in adequate amounts, preventing or minimizing the occurrence of damage caused  
178 by oxidative stress. Trace minerals administration by subcutaneous injections is a method that  
179 has as advantages the individual supply of known amounts of trace minerals to animals,  
180 removing the variability associated with fluctuations in voluntary intake and interactions with  
181 other minerals in the gastrointestinal tract and the possibility of use in environments where the  
182 supply of mineral mixtures can be difficult, with positive effects on health, immune response,  
183 feed efficiency and performance of cattle being reported. Trace mineral sources containing Cu,  
184 Mn and Zn chelated with EDTA and sodium selenite have been shown to provide increases in  
185 micro mineral status, without causing inflammatory reactions at the injection site, making it a  
186 possible complementary source to conventional supplementation, which can be used strategically  
187 in stages of the production cycle where oral supplementation may not fully meet the nutritional  
188 requirements of animals. Studies evidence the potential benefits of injectable supplementation  
189 with trace minerals at different times in cattle production cycle, commonly associated with  
190 greater oxidative stress and depressed immunity.

191 **Key-words:** calves, immunity, oxidative stress, trace minerals

## 192 INTRODUÇÃO

193

194 Cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), iodo (I), manganês (Mn),  
195 molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn), são os microminerais exigidos  
196 por ruminantes (NASEM, 2016). Embora sejam necessários em pequenas quantidades,  
197 são altamente essenciais para a manutenção da saúde e imunidade dos animais, sendo  
198 importantes para a função de diversas enzimas e proteínas, que atuam em um grande  
199 número de processos digestivos, fisiológicos e biossintéticos no corpo, tendo assim papel  
200 vital no crescimento, produção e reprodução (YATOO et al., 2013).

201 Ruminantes em pastejo estão frequentemente sujeitos a ocorrência de deficiências  
202 e desequilíbrios nutricionais, que são em geral, corrigidas com programas de  
203 suplementação, contudo, o atendimento desses requerimentos pode ser dificultado  
204 devido a diversos fatores, como a presença de elementos antagonistas na forragem e  
205 água de bebida, e dificuldades na garantia de um consumo regular e previsível de  
206 suplemento mineral.

207 Desse modo, a inclusão dos microminerais na dieta pode não assegurar o consumo  
208 e absorção de níveis adequados em decorrência de variações no consumo de alimento  
209 entre os animais e conseqüentemente na ingestão de microminerais, e interações destes  
210 com elementos antagonistas, que podem apresentar efeito negativo sobre sua absorção  
211 no trato digestivo (MACHADO et al., 2013).

212 Deficiências subclínicas de microminerais podem ocorrer de forma frequente,  
213 gerando perdas difíceis de quantificar, devido a não levarem a ocorrência de sintomas  
214 específicos, proporcionando taxas de crescimento e reprodutivas reduzidas e menor  
215 eficiência do sistema imune (SUTTLE, 2010). Ainda, a demanda de alguns microminerais  
216 pode ser elevada em períodos do ciclo produtivo onde os animais são submetidos a  
217 maiores níveis de estresse, como próximo ao parto e início da lactação, desmame e  
218 entrada no confinamento (LÓPEZ-ALONSO, 2012).

219 Efeitos positivos do fornecimento e melhoria do status de microminerais sobre a  
220 saúde e produção animal, evidenciando reduções de morbidade, diminuição de custos  
221 com tratamentos e melhoria no desempenho produtivo foram demonstrados (BITTAR  
222 et al., 2020; MACHADO et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2014; YATOO et al., 2013).

223 Alternativas que possam complementar a suplementação mineral convencional  
224 (mistura mineral em pó) durante períodos críticos do sistema de produção podem ser

225 utilizadas para fornecer microminerais chave, visando efeitos positivos sobre a saúde e  
226 produtividade do rebanho.

227 A administração de microminerais via injeções subcutâneas é um método de  
228 suplementação que apresenta como vantagens o fornecimento individual de  
229 quantidades conhecidas de microminerais aos animais, removendo a variabilidade  
230 associada a flutuações no consumo voluntário e interações com outros minerais no trato  
231 gastrointestinal e a possibilidade de utilização em ambientes onde o fornecimento de  
232 misturas minerais pode ser dificultado (ARTHINGTON et al., 2014). Estudos com a  
233 utilização dessa técnica têm reportado efeitos positivos sobre a saúde, resposta imune,  
234 eficiência alimentar e desempenho de bovinos (CLARK et al., 2006; RICHESON e  
235 KEGLEY, 2011; ARTHINGTON e HAVENGA, 2012).

236 Nessa revisão serão abordadas as principais informações existentes na literatura a  
237 respeito da importância e função dos microminerais e o efeito da utilização de  
238 microminerais injetáveis sobre a saúde e desempenho de bovinos em diferentes etapas  
239 do sistema de produção.

240

## 241 **DISPONIBILIDADE E IMPORTÂNCIA DOS MICROMINERAIS NO** 242 **ORGANISMO ANIMAL**

243

### 244 **Cobalto (Co)**

245 O cobalto (Co) está presente no organismo animal em maiores concentrações no  
246 fígado e nos rins, e na composição da vitamina B<sub>12</sub> (cobalamina), sua principal função.  
247 Quando os níveis dietéticos de Co são adequados, as exigências de vitamina B<sub>12</sub> do  
248 animal hospedeiro são geralmente atendidas pela síntese ruminal (SPEARS e WEISS,  
249 2014).

250 Esta vitamina é produzida apenas por microrganismos, sendo demonstrado que  
251 de 3 a 13% do Co ruminal é convertido a vitamina B<sub>12</sub>. Os requerimentos de Co de vacas  
252 e bovinos de corte em crescimento e terminação foram estimados em 0,15 mg/kg de MS  
253 pelo NASEM (2016).

254 A privação desse mineral resulta essencialmente em uma deficiência de vitamina  
255 B<sub>12</sub>, devido à incapacidade dos microrganismos ruminais sintetizarem quantidades  
256 suficientes dessa vitamina a partir do baixo suprimento de Co (SUTTLE, 2010).

257 A vitamina B<sub>12</sub> atua como cofator de duas enzimas encontradas no organismo  
258 animal, a Metilmalonil-Coa mutase e a Metionina sintase. A Metilmalonil-Coa mutase é

259 essencial para o metabolismo do propionato a succinato, que atua como intermediário  
260 no ciclo do ácido tricarboxílico, catalizando a conversão de L-Metilmalonil-Coa a  
261 Succinil-Coa, interferindo assim no metabolismo de aminoácidos, ácidos graxos e  
262 colesterol (TIFFANY e SPEARS, 2005).

263 A Metionina sintase atua catalisando a transferência de grupos metila (-CH<sub>3</sub>) para  
264 a homocisteína, formando metionina e tetraidrofolato. Essa reação é importante para a  
265 regeneração da metionina, essencial para os processos de síntese proteica e metabolismo  
266 de fosfolipídeos e gordura no fígado.

267 Adicionalmente, o Co influencia o metabolismo de alguns microrganismos  
268 ruminais, onde, a via envolvida na conversão de succinato a L-metilmalonil-Coa e  
269 posteriormente a propionato é a inversa da encontrada no fígado de ruminantes,  
270 envolvendo também a enzima Metilmalonil-Coa mutase dependente de vitamina B<sub>12</sub>  
271 (NASEM, 2016; TIFFANY e SPEARS, 2005).

272 O principal sinal clínico associado a deficiência de Co é uma falta de apetite, e  
273 como consequência, deficiências de vitamina B<sub>12</sub> induzidas por Co resultam em reduções  
274 no ganho médio diário (GMD), no consumo de matéria seca (CMS), eficiência alimentar,  
275 digestibilidade da MS e nas concentrações ruminais, no plasma e no fígado de vitamina  
276 B<sub>12</sub> e glicose plasmática em ruminantes (TIFFANY e SPEARS, 2005; WANG et al., 2007;  
277 BISHEHSARI et al., 2010).

278 As leguminosas possuem maiores concentrações de Co comparativamente a  
279 gramíneas, podendo a composição destas ser amplamente variáveis em função da  
280 espécie forrageira e das condições do solo. Baixos níveis de Co nas pastagens têm sido  
281 associados predominantemente a áreas de solos arenosos, solos alcalinos ou com excesso  
282 de manganês (Mn), o que pode levar a redução da absorção desse elemento pelas  
283 forrageiras. Ingredientes concentrados são normalmente pobres em Co, sendo  
284 usualmente necessária sua suplementação (SUTTLE, 2010; NASEM, 2016).

285

## 286 **Cobre (Cu)**

287 Os requerimentos de Cu em ruminantes são altamente dependentes da presença  
288 de elementos antagonistas como molibidênio (Mo), enxofre (S), ferro (Fe) e zinco (Zn),  
289 que podem influenciar a absorção e o metabolismo do Cu, principalmente associados a  
290 formação de tiomolibidatos no rúmen, que se ligam ao Cu, tornando-o altamente  
291 insolúvel (SUTTLE, 2010).

292 A concentração deste micromineral recomendada na dieta de bovinos pode variar  
293 de 4 a mais de 15 mg/kg de MS, sendo fixada em 10 mg/kg de MS caso a dieta não  
294 exceda 0,25% de S e 2 mg/kg de Mo, podendo ser inferior em bovinos confinados devido  
295 a maior disponibilidade do Cu em dietas ricas em concentrado (NASEM, 2016).

296 O teor de cobre das forragens varia de acordo com a espécie, maturidade da planta,  
297 condições do solo e uso de fertilizantes, de forma geral, as concentrações podem variar  
298 de 4,5 a 21,1 mg/kg de MS em forragens, de 4 a 8 mg/kg em cereais, e de 15 a 30 mg/kg  
299 em sementes de oleaginosas e farelos. Co-produtos de destilaria como o xarope de  
300 cerveja, e grãos secos de destilaria de cevada e trigo são fontes notoriamente ricas em  
301 cobre, podendo variar de 44 a 138 mg/kg de MS, sendo o cobre dissolvido nesses  
302 resíduos durante a fermentação (LÓPEZ-ALONSO, 2012; NASEM, 2016).

303 A concentração dos minerais antagonistas pode variar entre as espécies, sistemas  
304 de manejo e estações. O teor de molibdênio das forragens aumenta com o aumento no  
305 pH do solo, e elevadas concentrações de molibdênio e enxofre podem ocorrer em solos  
306 com elevado teor de matéria orgânica. Leguminosas tendem a apresentar maiores teores  
307 de molibdênio quando comparadas a gramíneas. O teor de enxofre das forragens se  
308 correlaciona com seu teor proteico, havendo uma redução na sua concentração com o  
309 aumento na maturidade da forragem. Pastos de primavera são frequentemente ricos em  
310 ferro devido a contaminação com solo. Pastos superpastejados ou em áreas propensas a  
311 inundações também apresentam níveis elevados de ferro (SUTTLE, 2010).

312 A deficiência de Cu é uma das deficiências minerais mais comuns ao redor do  
313 mundo, e a sua suplementação é comumente realizada por meio de misturas minerais  
314 contendo carbonatos, sulfatos ou óxidos. De modo geral, os óxidos de Cu apresentam  
315 uma baixa disponibilidade comparativamente a sulfatos e carbonatos de Cu, que têm  
316 apresentado disponibilidades relativas semelhantes. Fontes orgânicas de Cu também  
317 podem ser utilizadas visando a redução do efeito de elementos antagonistas no trato  
318 gastrointestinal (TGI), todavia, estudos avaliando estas fontes têm demonstrado  
319 resultados inconsistentes (NASEM, 2016).

320 Em uma revisão de literatura, Spears e Weiss (2014) relataram respostas  
321 inconsistentes da suplementação com Cu a animais recebendo dietas basais contendo  
322 concentrações de Cu abaixo das exigências nutricionais, com eventuais reduções na  
323 contagem de células somáticas (CCS) de vacas leiteiras submetidas a desafio  
324 imunológico e aumentos no GMD, eficiência alimentar e CMS de bovinos de corte  
325 criados de forma intensiva.

326 O cobre (Cu) está presente em uma série de enzimas, cofatores e proteínas reativas,  
327 como a citocromo C oxidase, superóxido dismutase, ceruloplasmina e tirosinase, que  
328 atuam na respiração celular, proteção contra agentes oxidantes e no transporte de ferro,  
329 sendo essencial para a atividade dessas enzimas (SUTTLE, 2010; NASEM, 2016).

330 A citocromo C oxidase é um complexo enzimático responsável pela transferência  
331 terminal de elétrons na cadeia respiratória, sendo assim essencial para a geração de  
332 energia em todos os tecidos. Baixas atividades dessas enzimas podem desencadear uma  
333 série de distúrbios, com destaque para o comprometimento da cadeia respiratória nos  
334 neutrófilos, que são parte integrante da imunidade celular, reduzindo assim sua  
335 atividade (SUTTLE, 2010; PAUL e DEY, 2015).

336 Os neutrófilos também se utilizam da cadeia respiratória para gerar radicais livres,  
337 que atuam contra patógenos, sendo o ânion superóxido ( $O_2^-$ ) o principal radical livre  
338 produzido durante processos inflamatórios. Esses radicais são formados como um  
339 produto final normal do metabolismo celular, sendo definidos como moléculas que  
340 possuem pelo menos um elétron não emparelhado, tornando-os instáveis, podendo  
341 assim, promover a transferência de elétrons através de reações de redução e oxidação,  
342 exigindo um sistema de defesa antioxidante ativo nessas células para evitar danos à  
343 própria célula (SORG, 2004).

344 Esses radicais livres podem então interagir com outras moléculas, levando a  
345 formação de mais espécies reativas ao oxigênio, o que pode resultar em dano tecidual  
346 significativo devido a sua ação sobre lipídios, proteínas, DNA e outras macromoléculas,  
347 podendo levar a ocorrência de uma cadeia autocatalítica caso não sejam adequadamente  
348 reduzidos no sítio de formação (SORDILLO e AITKEN, 2009).

349 As proteínas superóxido dismutase e a ceruloplasmina possuem Cu na sua  
350 composição e estão envolvidas no sistema de defesa antioxidante. A superóxido  
351 dismutase é uma enzima que cataliza a reação de dismutação onde ânions superóxido  
352 ( $O_2^-$ ) são convertidos a água ( $H_2O$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) no citosol, podendo  
353 este último ser convertido a  $H_2O$  e  $O_2$  em diferentes reações catalizadas pelas enzimas  
354 catalase e glutathione peroxidase (SORG, 2004).

355 A ceruloplasmina contém cerca de 70 a 90% do Cu plasmático, sendo uma  
356 cuproproteína de transporte que atua na oxidação do ferro na forma férrica ( $Fe^{+3}$ ), que  
357 pode causar oxidação e peroxidação dos tecidos, a sua forma ferrosa ( $Fe^{+2}$ ), sendo uma  
358 proteína da fase aguda que possui sua concentração aumentada durante doenças,  
359 podendo ser importante na remoção de radicais livres (SPEARS e WEISS, 2008).

360 Outras enzimas como a tirosinase, responsável pela síntese de melanina,  
361 hidroxilase, principal enzima associada a produção de catecolaminas (adrenalina,  
362 noradrenalina, triptamina e serotonina), associadas a transmissão neuronal no sistema  
363 nervoso central, e a lisil oxidase, associada a estabilidade de estruturas nos tecidos  
364 conectivos, possuem Cu em sua composição e podem ser influenciadas pela ocorrência  
365 de deficiências (KIM et al., 2008).

366 Os sintomas de deficiência de Cu estão geralmente associados com a redução da  
367 atividade dessas cuproenzimas, sendo as manifestações mais comuns a ocorrência de  
368 anemias, diarreia, distúrbios ósseos, falhas na pigmentação e queratinização da pele, e  
369 reduções no volume corpuscular e concentração de hemoglobina, decorrentes de  
370 alterações no metabolismo do ferro. Formas nervosas podem se manifestar  
371 principalmente em ovinos e caprinos decorrentes da degeneração dos neurônios e da  
372 mielina (ROSA e MATTIOLI, 2002).

373 Ainda, em momentos críticos, a redução da atividade dessas enzimas pode  
374 aumentar o estresse oxidativo e podendo assim, apresentar um impacto negativo sobre  
375 a resposta imune dos animais pela depleção na atividade de células de defesa como os  
376 neutrófilos, monócitos e células T, bem como reduzir a produção de anticorpos  
377 (OVERTON e YASUI, 2014).

378

### 379 **Cromo (Cr)**

380 Estudos demonstram que o cromo (Cr) atua sobre o metabolismo de carboidratos,  
381 lipídeos e proteínas. Este elemento atua nos tecidos sensíveis a insulina, potencializando  
382 a ação desse hormônio devido a sua ligação a oligopeptídeos de baixo peso molecular,  
383 levando a uma maior atividade do receptor para insulina tirosina quinase, resultando  
384 em maiores velocidades de desaparecimento da glicose sanguínea ou menores  
385 demandas de liberação de insulina (SPEARS et al., 2012).

386 Outros estudos relatam ainda que a suplementação com esse mineral pode  
387 proporcionar melhoras na resposta imune (SPEARS, 2000), ingestão de alimentos e a  
388 produção de leite (VARGAS-RODRIGUEZ et al., 2014), saúde e desempenho em  
389 bezerros submetidos a estresse (BERNHARD et al., 2012).

390 A concentração de Cr na maioria dos ingredientes comumente utilizados na  
391 alimentação de ruminantes é baixa, sendo comumente inferior a 0,05mg/kg de MS em  
392 grãos de cereais, entre 0,15 mg/kg em feno de gramíneas e 0,52 mg/kg em forrageiras  
393 (feno de alfafa) e apresentando grande variação em coprodutos, que podem apresentar

394 desde concentrações reduzidas, como no farelo de trigo e casca de caroço de algodão  
395 (0,04 a 0,084 mg/kg de MS) a valores elevados como observados na polpa de beterraba  
396 (1,22 mg/kg de MS) (SPEARS et al., 2017).

397 A suplementação desse elemento é permitida em níveis de até 0,5 mg/kg de MS  
398 na dieta de ruminantes pelo FDA, todavia, Spears et al. (2012) não observaram efeitos  
399 adversos ao suplementar vacas em lactação com níveis de até 2,0 mg/kg de MS durante  
400 120 dias, com efeitos benéficos desde a dose de 0,47 mg/kg de MS, sugerindo esse valor  
401 como estimativa da necessidade de suplementação para atender aos requerimentos  
402 nutricionais de novilhas em crescimento.

403

#### 404 **Iodo (I)**

405 O iodo (I) atua como constituinte dos hormônios da tireoide, triiodotironina (T<sub>3</sub>) e  
406 tiroxina (T<sub>4</sub>), que possuem 3 ou 4 átomos de iodo na sua estrutura, respectivamente. A  
407 forma ativa do hormônio T<sub>3</sub> atua na regulação do metabolismo energético corporal,  
408 controlando a taxa de transcrição de genes, com conseqüente efeito sobre a síntese  
409 proteica em todas as células e efeitos importantes sobre o desenvolvimento fetal, função  
410 termorreguladora e uma grande variedade de efeitos sobre o metabolismo  
411 intermediário, crescimento, função muscular, circulação e resposta imune (SUTTLE,  
412 2010).

413 O requerimento desse micromineral é estimado em 0,5 mg/kg de MS para todas  
414 as fases dos sistemas de produção de bovinos de corte (NASEM, 2016), podendo haver  
415 deficiências em ruminantes criados em regiões endêmicas com baixo teor de iodo no solo  
416 ou com alimentos que contenham substâncias goitrogênicas (substâncias que dificultam  
417 a absorção de iodo como o tiocionato e os glicosinolatos) como os farelos de soja e  
418 algodão (SUTTLE, 2010).

419 O primeiro sinal de deficiência é geralmente o aumento da tireoide (bócio), com  
420 deficiências podendo levar ao nascimento de bezerros com poucos pelos, fracos ou  
421 mortos, decréscimo nos índices reprodutivos das fêmeas, caracterizados por uma  
422 ciclagem irregular, baixas taxas de concepção e retenção de placenta e redução de libido  
423 e da qualidade do sêmen em machos. O iodo é normalmente suplementado na dieta na  
424 forma de iodato de cálcio ou diidrodeto de etilenodiamina (sal iodado) (NASEM,  
425 2016).

**426 Ferro (Fe)**

427 Ferro (Fe) é o micromineral presente em maiores concentrações no organismo  
428 animal, sendo um componente essencial de uma série de proteínas envolvidas no  
429 transporte e utilização de oxigênio como a hemoglobina, que representa cerca de 60% do  
430 Fe corporal, mioglobina, diversos citocromos e proteínas Fe-S envolvidas na cadeia  
431 transportadora de elétrons. Diversas outras enzimas também possuem Fe em sua  
432 composição ou são ativadas por esse elemento, como a succinato desidrogenase, que é  
433 uma enzima envolvida no ciclo do ácido tricarboxílico, e as enzimas catalase e  
434 peroxidase, envolvidas no sistema de defesa antioxidante, fazendo com que esse  
435 micromineral tenha influência sobre a função imune, metabolismo energético e do  
436 oxigênio em mamíferos (OVERTON e YASUI, 2014).

437 Deficiências de Fe normalmente não ocorrem em ruminantes, com exceção de  
438 jovens ruminantes e bezerros alimentados com leite em decorrência da rápida expansão  
439 na massa de hemácias, que pode aumentar sensivelmente a demanda por Fe e o risco de  
440 anemia nas primeiras semanas de vida (VAN RAVENSWAAY et al., 2001).

441 A maioria dos alimentos normalmente fornecidos a ruminantes apresentam  
442 elevadas concentrações desse mineral, com variações em função de fatores como a  
443 espécie forrageira, condições de crescimento e nível de contaminação com solo (SUTTLE,  
444 2010). Cereais e farelos de oleaginosas normalmente apresentam concentrações variando  
445 de 100 e 200 mg/kg de MS de Fe em sua composição, enquanto forragens podem  
446 apresentar variações de 70 a 500 mg/kg de MS, provavelmente em decorrência de  
447 contaminações por solo (NASEM, 2016).

448 O requerimento de Fe na dieta de bovinos é de aproximadamente 50 mg/kg de  
449 MS para todas as categorias de bovinos de corte, valor considerado suficiente para  
450 prevenir casos de anemia em animais jovens e permitir seu adequado desenvolvimento,  
451 sendo normalmente exigido em menor quantidade por ruminantes adultos. O Fe é um  
452 forte agente pró-oxidante e muito reativo e seu excesso pode interferir na absorção de  
453 outros microminerais como o Cu e gerar radicais livres em demasia, podendo  
454 desencadear casos de diarreia e acidose metabólica e desempenho eficiência alimentar  
455 reduzidos. Ingestões acima de 250 a 500 mg/kg de MS demonstraram proporcionar  
456 depleção de Cu em ruminantes (NASEM, 2016).

457 Como as perdas desse mineral nas fezes e urina são baixas e a maioria dos  
458 ingredientes utilizados na alimentação de ruminantes apresentam concentrações de Fe  
459 acima dos requerimentos dos animais, deficiências podem ocorrer apenas em situações

460 atípicas, como em bezerros jovens alimentados exclusivamente com leite,  
461 principalmente quando em sistemas confinados, e durante a ocorrência de infestações  
462 parasitárias elevadas ou doenças que levem a perda crônica de sangue (NASEM, 2016).

463

#### 464 **Manganês (Mn)**

465 O manganês (Mn) está envolvido em muitos dos mesmos processos que o zinco  
466 (Zn) e o cobre (Cu), sendo componente essencial de uma variedade de enzimas como a  
467 arginase, piruvato carboxilase, superóxido dismutase e ativador de enzimas como  
468 diversas quinases, hidrolases, transferases e descarboxilases, estando desse modo  
469 envolvido na função imune, no sistema de proteção antioxidante e no metabolismo de  
470 carboidratos e lipídios (OVERTON e YASUI, 2014).

471 A piruvato carboxilase está diretamente envolvida nos processos de obtenção de  
472 energia, sendo essa enzima responsável por catalisar o primeiro passo da síntese de  
473 carboidratos na gliconeogênese. O Mn também apresenta papel fundamental nas  
474 glicosiltransferases, envolvidas na biossíntese de glicosaminoglicanos como o sulfato de  
475 condroitina, ácido hialurônico e quelatan-sulfatos, influenciando assim na força e tensão  
476 de cartilagens, tendões, ligamentos e paredes arteriais, bem como no crescimento  
477 epifisário, afetando o crescimento longitudinal de ossos (SILVA et al. 2017).

478 Deficiências desse mineral podem acarretar em crescimento reduzido e  
479 anormalidades ósseas em animais jovens e problemas reprodutivos em machos e fêmeas,  
480 caracterizados por estros irregulares, baixos índices de concepção, abortos e baixos pesos  
481 ao nascimento (HOSTETLER et al., 2003).

482 A exigência de Mn foi estimada em 20 mg/kg de MS da dieta para bovinos em  
483 crescimento e terminação e 40 mg/kg de MS para animais em reprodução, gestantes ou  
484 lactantes. As forragens comumente apresentam níveis adequados e frequentemente  
485 muito acima dos requerimentos de Mn dos animais ruminantes, enquanto grãos e cereais  
486 são normalmente pobres nesse mineral, todavia, níveis dietéticos elevados de ferro (Fe),  
487 cálcio (Ca) e fósforo (P) podem prejudicar sua absorção, reduzindo sua disponibilidade  
488 e aumentando a excreção fecal deste elemento (SUTTLE, 2010; NASEM, 2016).

489 Por outro lado, níveis excessivos de Mn podem reduzir o balanço de Ca e P, bem  
490 como deprimir o status de Fe no organismo, e assim levar a ocorrência de alterações  
491 hematológicas decorrentes desse baixo status, mesmo em animais consumindo níveis  
492 adequados de Fe. Contudo, apesar da possibilidade de toxicidade existir, o Mn é

493 considerado um elemento de baixa toxicidade, sendo o nível máximo tolerado fixado em  
494 1.000 mg/kg para períodos curtos (NASEM, 2016).

495

#### 496 **Molibdênio**

497 A essencialidade do molibdênio foi estabelecida na década de 1950, quando foram  
498 identificadas as primeiras enzimas contendo molibdênio, sendo: a enzima sulfito  
499 oxidase, que atua na mitocôndria, catalisando a oxidação de sulfitos a sulfatos, como  
500 último passo da oxidação de aminoácidos sulfurados, a xantina oxidase, que atua na  
501 conversão das hipoxantinas, formadas a partir da deaminação da adenina, a xantina e  
502 ácido úrico, prevenindo que a primeira cause mutações na molécula de DNA por  
503 substituir a tiamina em ligações com a citosina, e a aldeído oxidase, presente em maiores  
504 concentrações no fígado catalizando a oxidação de aldeídos em ácidos carboxílicos, bem  
505 como na oxidação de compostos nitrogenados heterocíclicos (NOVOTNY, 2011).

506 A concentração desse elemento nas forragens varia em função do tipo e pH do  
507 solo, onde solos neutros a alcalinos, em associação com elevada umidade e matéria  
508 orgânica, aumentam seu teor nas forrageiras. Os requerimentos desse mineral ainda não  
509 são bem estabelecidos, tendo sido demonstradas melhoras na degradação da MS quando  
510 suplementado em estudos *in vitro* e em ovinos em algumas circunstâncias, com  
511 resultados amplamente variáveis, não havendo evidências que sua deficiência ocorra em  
512 ruminantes em condições práticas (NASEM, 2016).

513 Seu metabolismo pode ser prejudicado por níveis elevados de enxofre (S) na dieta,  
514 que induz a formação de tiomolibidatos no rúmen, reduzindo a absorção e o  
515 metabolismo pós-absortivo do Mo. Por outro lado, níveis baixos de Mo na dieta podem  
516 levar a deficiências de Cu e de forma contrária, níveis elevados de Cu podem culminar  
517 em toxicidade por Mo (NASEM, 2016).

518

#### 519 **Níquel**

520 Embora inicialmente fosse considerado um mineral predominantemente tóxico  
521 para ruminantes, sua essencialidade na nutrição de ruminantes foi demonstrada em  
522 estudos que produziram sua deficiência de forma experimental, embora, seu papel no  
523 organismo ainda seja pouco conhecido. O níquel (Ni) atua como componente essencial  
524 da enzima urease, apresentando assim um papel chave na reciclagem ruminal de N  
525 (NASEM, 2016).

526 Os dados existentes não são suficientes para determinar os requerimentos de Ni  
527 (NASEM, 2016), todavia, estudos demonstram efeitos positivos de sua suplementação  
528 sobre a atividade da enzima urease e desempenho de animais suplementados (SINGH  
529 et al., 2019).

530 Os níveis máximos tolerados foram estabelecidos em 50 mg/kg de MS, enquanto  
531 sua concentração nos alimentos costuma variar de 0,5 a 3,5 mg/kg na maioria dos  
532 ingredientes utilizados na alimentação de ruminantes (SINGH et al., 2019).

533

### 534 **Selênio (Se)**

535 Durante várias décadas, o selênio (Se) foi reconhecido como um elemento  
536 potencialmente tóxico, passando a ser tratado como um nutriente essencial apenas no  
537 final da década de 1950, quando sua deficiência, em conjunto com deficiências de  
538 vitamina E, foram associadas a distúrbios como a necrose do fígado em ratos, diátese  
539 exsudativa em aves e a doença do músculo branco em cordeiros e bezerros (SUTTLE,  
540 2010).

541 O Se atua como elemento estrutural de ao menos 25 selenoproteínas, substituindo  
542 o enxofre (S) em sua estrutura, tornando essas proteínas capazes de realizar a doação de  
543 íons hidrogênio e assim participar de reações de redução (NASEM, 2016).

544 A glutathione peroxidase foi a primeira selenoproteína identificada, sendo  
545 conhecida atualmente pelo menos quatro glutathione peroxidases distintas, que atuam  
546 na regulação dos processos oxidativos e proteção a membrana celular contra os radicais  
547 livres gerados no metabolismo intermediário. Essas enzimas atuam catalizando a  
548 redução desses radicais e assim prevenindo o dano oxidativo causado as membranas  
549 mitocondiais e celulares, sendo esse papel compartilhado com outras enzimas como a  
550 superóxido dismutase dependente de Cu e Zn ou Mn, catalase e glutathione-S-transferase,  
551 além da vitamina E (HEFNAWY e TORTORA-PEREZ, 2010).

552 As iodotironinas diiodinases (iodotironina 5-deiodinase tipos I, II e III) são outro  
553 grupo de selenoenzimas de elevada relevância, sendo atuantes na conversão do  
554 hormônio tireoidiano T4 em sua forma ativa T3, influenciando assim uma ampla gama  
555 de processos fisiológicos como a taxa metabólica basal, parto e resistência ao estresse por  
556 frio, com consequentes efeitos adversos a produção em casos de deficiência (HEFNAWY  
557 e TORTORA-PÉREZ, 2010; CHAUHAN et al., 2014).

558 Ainda, outras selenoproteínas estão presentes em menores concentrações nos  
559 testículos, tecidos muscular e ósseo e no plasma e atuam em funções variadas como

560 transportadores, antioxidantes e proteínas de armazenamento, entre outras (SUTTLE,  
561 2010).

562 A exigência de Se para todas as categorias de bovinos de corte foi fixada em 0,1  
563 mg/kg de MS e sua concentração em gramíneas comumente varia de 0,02 a 0,1 mg/kg  
564 de MS, podendo chegar a 0,9 mg/kg de MS em leguminosas como a alfafa e  
565 permanecendo entre 0,03 e 0,8 mg/kg de MS em cereais e sementes de oleaginosas. A  
566 ingestão de 2 mg/kg de MS é considerada como o limite tolerável na dieta de bovinos  
567 (NASEM, 2016). Os fatores que podem influenciar os requerimentos por selênio ainda  
568 não estão bem definidos, todavia, dietas pobres em vitamina E ou com níveis elevados  
569 de enxofre (S) parecem demandar maiores níveis de Se para prevenir a ocorrência de  
570 injúrias.

571 Níveis inadequados podem levar a ocorrência de problemas reprodutivos, como  
572 baixa viabilidade do sêmen em machos e maior incidência de endometrites, ovários  
573 císticos e retenção de placenta em fêmeas, aumento nos índices de mortalidade perinatal  
574 e pós-natal e baixa resistência a doenças, culminando em reduções no desempenho  
575 produtivo (SUTTLE, 2010; HEFNAWY e TORTORA-PEREZ, 2010).

576

### 577 **Zinco (Zn)**

578 O Zinco (Zn) é um componente essencial de mais de 300 enzimas, incluindo  
579 enzimas envolvidas na síntese de DNA e RNA, no sistema de proteção antioxidante  
580 como componente das enzimas superóxido dismutase Cu-Zn e da metalotioneína, em  
581 reações enzimáticas associadas ao metabolismo de carboidratos, absorção de lipídeos,  
582 síntese proteica e esteroidogênese, sendo essencial em células como as gonadais, do  
583 sistema imune e do feto, que apresentam taxas elevadas de proliferação e diferenciação  
584 (SPEARS e WEISS, 2008; OVERTON e YASUI, 2014).

585 Este mineral encontra-se amplamente distribuído no corpo, como componente de  
586 metaloenzimas e metaloproteínas, com papel fundamental na expressão gênica, que  
587 interfere em uma ampla variedade de processos do organismo como a divisão celular,  
588 crescimento, produção de hormônios, controle do apetite, e função imune. O Zn  
589 apresenta ainda papel catalítico, estrutural ou como cofator de diversas enzimas que  
590 regulam diferentes processos fisiológicos (OVERTON e YASUI, 2014).

591 Níveis inadequados de ingestão de Zn resultam em retardo de crescimento,  
592 anorexia, baixa ingestão de alimentos e eficiência alimentar, paraqueratose, baixa  
593 fertilidade, reduzido crescimento testicular, baixos valores séricos de Zn e baixa

594 resistência a doenças e ao estresse e resposta imune reduzida. A espermatogênese e o  
595 desenvolvimento dos órgãos sexuais em macho e todas as fases do ciclo reprodutivo em  
596 fêmeas, envolvendo o estro, gestação e lactação são afetadas por deficiências desse  
597 mineral, que podem acarretar também em teratogênese fetal, gestação prolongada,  
598 baixos pesos ao nascimento e desmame e dificuldade de parto (SMITH e AKINBAMIJO,  
599 2000; HOSTETLER et al., 2003).

600 Os mecanismos associados ao retardo no crescimento em casos de deficiência de  
601 Zn envolvem a perda de apetite, baixa eficiência no uso de nutrientes e desequilíbrios  
602 dos metabolismos proteico e energético (HOSNEDLOVA et al., 2007).

603 Apesar do consenso de que a demanda por Zn possa ser superior para animais em  
604 reprodução, gestação e início da lactação, os requerimentos desse mineral para bovinos  
605 de corte nessas situações não estão bem definidos, sendo recomendado o fornecimento  
606 de 30 mg/kg de MS da dieta, concentração considerada satisfatória para a maioria das  
607 situações de produção (NASEM, 2016).

608 A espécie forrageira, bem como o tipo de grão parece apresentar pouca influência  
609 sobre a concentração de Zn dos alimentos, sendo esta amplamente influenciada pela  
610 concentração desse mineral no solo. As forragens apresentam entre 25 e 50 mg/kg de  
611 MS, fenos e silagens tendem a apresentar valores inferiores devido aos cortes  
612 consecutivos da forragem, com valores normais entre 13-25 e 12-45 mg/kg de MS,  
613 respectivamente. Cereais normalmente possuem entre 14-50 mg/kg de MS, enquanto  
614 farelos proteicos podem apresentar níveis mais elevados, com valores de até 80 mg/kg  
615 de MS (SUTTLE, 2010).

616 A absorção de zinco pode ser reduzida quando a dieta apresentar níveis elevados  
617 de alguns elementos como Ca, Cu, Se e Cádmio (Cd). De forma inversa, a presença de  
618 Zn em níveis demasiadamente elevados poderá induzir a deficiências desses elementos,  
619 principalmente Cu, sendo a concentração máxima tolerável ao redor de 500 mg/kg de  
620 MS (NASEM, 2016; SILVA et al., 2017).

621

## 622 **POTENCIAIS BENEFÍCIOS DO FORNECIMENTO DE MICROMINERIAS ACIMA** 623 **DOS REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS**

624

625 Há evidências indicando que o fornecimento de alguns microminerais em níveis  
626 acima dos requerimentos nutricionais podem proporcionar efeitos positivos sobre a  
627 saúde animal, principalmente quando associados a períodos de maior estresse para o

628 animal, como no desmame, período reprodutivo, transporte, durante infecções e quando  
629 submetidos ao estresse térmico ou momentos de elevada demanda metabólica, como em  
630 vacas em lactação, principalmente naquelas altamente produtivas e entrada de animais  
631 em confinamento. O estresse fisiológico associado a esses períodos pode deprimir o  
632 sistema imune, facilitando a ocorrência e instalação de infecções, que prejudicam a saúde  
633 e desempenho animal (ANDRIEU, 2008).

634 A oxidação é um processo normal do metabolismo, onde são produzidos radicais  
635 livres e espécies reativas ao oxigênio (ROS) como  $O_2^-$ ,  $O^-$ ,  $OH^-$ ,  $NO^-$ . Essas moléculas  
636 podem causar danos a outras macromoléculas e interrupção do metabolismo normal.  
637 Em animais saudáveis, o sistema antioxidante atua na redução desses radicais livres  
638 conforme estes são produzidos pelo metabolismo, prevenindo assim a ocorrência de  
639 danos a células, organelas e metabólitos.

640 Diversas moléculas antioxidantes são produzidas ou utilizadas pelas células  
641 visando protegê-las dos danos causados pelos radicais livres. Essa defesa pode ocorrer  
642 por meio de sistemas enzimáticos, como via superóxido dismutase, catalase, glutathione  
643 peroxidase e glutathione reductase, ou por meio de sistemas não enzimáticos, por meio do  
644 ácido ascórbico, carotenoides, ceruloplasmina, ácido úrico, bilirrubina, entre outros  
645 (ANDRIEU, 2008).

646 Assim, reações de oxidação e redução ocorrem de forma constante no corpo.  
647 Contudo, caso haja desequilíbrio entre esses processos, os produtos finais da oxidação  
648 podem se acumular e assim provocar danos aos tecidos.

649 Em momentos de elevada demanda metabólica, a velocidade de produção de  
650 radicais livres pode superar a capacidade de neutralização desses radicais pelo sistema  
651 antioxidante, levando a ocorrência do estresse oxidativo, podendo assim, levar a  
652 ocorrência de danos oxidativos a proteínas, carboidratos e lipídios, prejudicando a  
653 função celular (BERNABUCCI et al., 2002).

654 Estudos têm sugerido que o estresse oxidativo é um importante fator para a  
655 ocorrência de respostas inflamatórias e resposta imune reduzida, aumentando a  
656 susceptibilidade do animal a uma grande variedade de distúrbios metabólicos e  
657 problemas de saúde (BERNABUCCI et al., 2005; SHARMA et al., 2011).

658 O dano oxidativo causado pelos radicais livres a membrana dos glóbulos brancos  
659 pode contribuir para esse incremento na susceptibilidade a ocorrência de doenças  
660 durante esses períodos de elevada demanda metabólica. Devido a elevada concentração  
661 de ácidos graxos insaturados em suas membranas, os glóbulos brancos são

662 particularmente sensíveis ao estresse oxidativo e possuem sua habilidade de defender o  
663 organismo contra desafios imunológicos reduzida quando submetidas a esse estresse  
664 (SPEARS e WEISS, 2008).

665 Com base nas funções dos diferentes microminerais discutidas anteriormente,  
666 onde uma ampla gama das enzimas e proteínas antioxidantes são dependentes desses  
667 minerais como parte de sua estrutura ou como cofatores, podemos perceber sua  
668 relevância na função antioxidante das células e, conseqüentemente, sua relevância para  
669 a função imune dos animais.

670 O Cu, Mn, Se e Zn são considerados minerais chave nesse processo. Cobre,  
671 manganês e zinco, são componentes do sistema antioxidante principalmente em  
672 decorrência da sua presença em enzimas antioxidantes, como a superóxido dismutase,  
673 que atua na redução de radicais superóxidos ( $O_2^-$ ) a peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). O  
674 Se por sua vez atua como componente da enzima glutathione peroxidase, que atua na  
675 conversão do peróxido de hidrogênio a água ( $H_2O$ ), entre outras funções já discutidas  
676 anteriormente (ANDRIEU, 2008; BATES et al., 2020).

677 Desse modo, quando esses minerais encontram-se em quantidades suficientes no  
678 organismo animal, este é capaz de produzir antioxidantes em quantidades adequadas,  
679 prevenindo ou minimizando a ocorrência de danos causados pelo estresse oxidativo. Por  
680 outro lado, caso estes elementos sejam deficientes, a capacidade de produção de enzimas  
681 antioxidantes ficará comprometida, o que poderá resultar em maior dano oxidativo aos  
682 tecidos, moléculas biológicas e membranas, podendo provocar disfunções celulares ou  
683 mesmo seu rompimento (BERNABICCI et al., 2002).

684 Como diversos microminerais estão envolvidos no sistema de defesa antioxidante,  
685 a sua demanda pode ser aumentada nesses períodos de elevada demanda metabólica, e  
686 um déficit desses nutrientes poderia provocar desequilíbrios no sistema antioxidante e  
687 conseqüentemente deprimir a imunidade dos animais nesses períodos (SPEARS e  
688 WEISS, 2008).

689 Nesse cenário, a maneira mais adequada de equilibrar o sistema antioxidante está  
690 associada a suplementação e otimização do uso de minerais antioxidantes, e o seu  
691 fornecimento acima dos requerimentos nutricionais durante esses períodos de maior  
692 estresse oxidativo, visando atender a essa demanda aumentada, poderá auxiliar no  
693 controle e redução dos danos oxidativos causados as células (ANDRIEU, 2008).

694 As deficiências básicas desses microminerais têm sido supridas através do  
695 fornecimento de sais inorgânicos como o sulfato de cobre, óxido de zinco e selenito de

696 sódio, todavia, diferentes interações negativas desses metais com outros elementos  
697 podem ocorrer, reduzindo sua absorção ou tornando-os menos disponíveis para o  
698 metabolismo animal. Como exemplo, Fe, Co e Mn podem competir por sítios de  
699 absorção, enxofre e Mo podem formar complexos insolúveis ligados ao Cu, como os  
700 tetratiomolibdatos e os precipitados de sulfeto de cobre, tornando-o indisponível para  
701 absorção (NASEM, 2016).

702 Visando minimizar essas interferências, hidroximinerais (formas inorgânicas dos  
703 metais que possuem ligações covalentes com cloreto) e formas orgânicas (microminerais  
704 quelatados, complexados ou ligados de forma covalente a moléculas orgânicas como  
705 aminoácidos e seus análogos, proteínas e ácidos orgânicos) têm sido estudados e  
706 disponibilizados como alternativas de maior biodisponibilidade frente a fontes  
707 inorgânicas (SPEARS, 2003). Ainda, hidroximinerais parecem ter uma maior  
708 aceitabilidade por bovinos frente a fontes sulfuradas ou orgânicas, podendo auxiliar na  
709 redução de flutuações de consumo e na melhora do status de microminerais (RANCHES  
710 et al., 2021).

711 Os principais efeitos positivos associados ao fornecimento de microminerais em  
712 maiores doses ou em formas mais disponíveis são a melhora na resposta imune, redução  
713 nos níveis de marcadores de atividade inflamatória e estresse oxidativo e melhora no  
714 desempenho produtivo (YASUI et al., 2009; OVERTON e YASUI, 2014), todavia, os  
715 resultados têm sido variáveis.

716 Embora dietas completas ou suplementos mineralizados em pó sejam formulados  
717 para atender as exigências de bovinos nas diferentes fases do sistema de produção,  
718 incluindo quantidades adequadas de microminerais, as possíveis interações entre  
719 nutrientes no rúmen, períodos de apetite reduzido, acesso restrito aos comedouros,  
720 ocorrência de distúrbios digestivos, entre outros aspectos, podem limitar seu consumo  
721 ou a disponibilidade dos microminerais aos animais (GANDA et al., 2016).

722 Ranches et al. (2021) relataram maior ingestão de MS total e de concentrado, e  
723 maiores níveis de ceruloplasmina plasmática, em bezerros suplementados com blocos  
724 minerais enriquecidos com Cu, Mn e Zn, comparativamente aqueles consumindo blocos  
725 não enriquecidos, todavia, houve uma grande variação nos resultados obtidos entre os  
726 anos de avaliação, sendo os resultados afetados pela grande flutuação de consumo  
727 observada (diferença de 40% entre os anos).

728 Fontes de microminerais injetáveis contendo fontes de Cu, Mn e Zn quelatadas  
729 com EDTA e selenito de sódio demonstraram proporcionar incrementos no status de

730 microminerais de bovinos, sem causar a ocorrência de reações inflamatórias no local da  
731 injeção, tornando-se uma possível fonte complementar à suplementação convencional,  
732 podendo ser utilizadas de forma estratégica em fases do ciclo de produção onde a  
733 suplementação oral pode não atender completamente as exigências nutricionais dos  
734 animais como, durante o período de transição, período reprodutivo e no desmame  
735 (ARTHINGTON e HAVENGA, 2012; POGGE et al., 2012).

736

### 737 **EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS INJETÁVEIS EM VACAS**

738

739         Diversos autores avaliaram a suplementação com microminerais via parenteral  
740 durante o período de transição em vacas leiteiras. Nesse período, que compreende de  
741 três semanas pré a três semanas após o parto, a vaca sofre um grande desafio metabólico  
742 decorrente da elevada demanda de nutrientes para atender ao crescimento fetal e o  
743 metabolismo intenso da glândula mamária para a síntese de leite, associados ainda a  
744 uma baixa capacidade de ingestão de MS, que leva os animais a entrarem em balanço  
745 energético negativo, aumentando a lipólise e o catabolismo proteico (ROCHE et al. 2009).

746         Esse período de elevada demanda metabólica leva a aumentos consideráveis no  
747 consumo de oxigênio pelos tecidos, resultando em uma elevada produção de ROS,  
748 exigindo uma maior disponibilidade de defesas antioxidantes, visando reduzir o  
749 acúmulo de radicais livres, que frequentemente, expõe os animais a elevados níveis de  
750 estresse oxidativo (SORDILLO e AITKEN, 2009).

751         Ao realizar três aplicações (230 e 260 dias de gestação e 35 dias pós-parto) de 5  
752 mL de uma mistura de microminerais (Cu, Mn, Se e Zn) não foram observados efeitos  
753 significativos de sobre a produção de leite, todavia, foram observados efeitos positivos  
754 da suplementação sobre a saúde do úbere, com reduções na contagem de células  
755 somáticas (CCS) e na incidência de mastite subclínica (CCS acima de  $200.000 \times 10^3$   
756 células/mL e negativa para mastite clínica) e uma redução de aproximadamente 40% na  
757 ocorrência de casos de mastite clínica quando comparado aos animais do grupo controle  
758 (MACHADO et al., 2013).

759         Utilizando esse mesmo protocolo de suplementação, de microminerais via  
760 parenteral, Machado et al. (2014) trabalhando com vacas holandesas, mantidas em  
761 sistema free-stall, observaram maior atividade de SOD nos animais suplementados  
762 comparativamente ao grupo controle, com vacas diagnosticadas com mastite

763 apresentando níveis reduzidos dessa enzima, todavia, a atividade dos leucócitos não foi  
764 influenciada pela suplementação.

765 A aplicação de 5 mL via parenteral da mesma solução contendo Cu, Mn, Se e Zn  
766 em aplicação única, a vacas com mastite subclínica proporcionou a redução na  
767 ocorrência de casos de mastite clínica crônica (vacas com três ou mais casos de mastite  
768 clínica após o início da avaliação) em vacas primíparas, com tendência de redução nos  
769 casos de forma geral ( $P < 0,09$ ) e de cura da mastite subclínica (CCS abaixo de  $200.000 \times$   
770  $10^3$  células/mL) em vacas acima de três lactações ( $P < 0,08$ ) (GANDA et al., 2016).

771

## 772 EFEITO NO DESEMPENHO REPRODUTIVO DE VACAS

773

774 Os efeitos dos microminerais sobre a reprodução têm sido descritos em diversos  
775 estudos, que sustentam o conceito de que estes apresentam papéis fundamentais em vias  
776 metabólicas e enzimáticas críticas para a concepção e desenvolvimento embrionário  
777 (HOSTETLER et al., 2003; WILDE, 2006).

778 Machado et al. (2013) observaram redução na ocorrência de natimortos (6,1 vs.  
779 4,3%) e endometrites (34,2 vs. 28,6%) com três injeções de 5 mL de microminerais  
780 realizadas aos 230 e 260 dias de gestação e 35 dias pós-parto, todavia, não foram  
781 observados efeitos positivos sobre o intervalo entre o nascimento e a concepção entre os  
782 animais suplementados e controle.

783 A aplicação de uma mistura de microminerais 17 dias antes da realização de  
784 transferência de embriões (d0, início da sincronização do estro) proporcionou maiores  
785 taxas de concepção comparativamente ao grupo controle (43 e 30%, respectivamente) em  
786 novilhas cruzadas de cinco propriedades distintas recebendo suplementação mineral  
787 enriquecida com microminerais (SALES et al., 2011).

788 A suplementação via parenteral com o mesmo produto comercial na dose de 1  
789 mL/90 kg de PC a vacas e novilhas Angus x Hereford, mantidas em pastagens nativas,  
790 com acesso a mistura mineral, 105 dias antes do parto e novamente 30 dias antecedendo  
791 a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), proporcionou maiores taxas de prenhez  
792 (60,2%) comparativamente aos animais do grupo controle (51,2%) (MUNDELL et al.,  
793 2012).

794 A aplicação de uma dose única (6 mL/vaca) 30 dias antecedendo a IA em um  
795 protocolo de IATF proporcionou maiores concentrações plasmáticas de superóxido  
796 dismutase (SOD) 22 e 17 dias e glutathiona peroxidase (GSH-Px) 26 dias antecedendo a

797 IA, não havendo efeito sobre as concentrações plasmáticas de haptoglobina,  
798 ceruloplasmina e progesterona, com tendência de aumento na taxa de prenhez em  
799 animais com baixo escore de condição corporal (ECC) (VEDOVATTO et al., 2019).

800

## 801 **EFEITO DA APLICAÇÃO DE MICROMINERAIS INJETÁVEIS EM BEZERROS**

802

803 A categoria de bezerros também é suscetível a uma grande variedade de fatores  
804 estressantes como vacinações, desmame e transporte, sendo importante que estes  
805 apresentem um status de microminerais adequado, garantindo sua rápida  
806 disponibilidade, de modo a manter o desempenho e função imune em níveis adequados  
807 durante esses períodos de maior demanda (RICHESON e KEGLEY, 2011).

808 A aplicação de 1 mL de microminerais (15, 10, 5 e 60 mg/mL de Cu, Mn, Se e Zn,  
809 respectivamente) ao nascimento e novamente com aproximadamente 100 e 200 dias de  
810 idade, em bezerros de corte, não proporcionou efeito sobre o GMD e peso corporal dos  
811 animais até o desmame (250 dias) (ARTHINGTON et al., 2014). Todavia, o status de  
812 microminerais foi aumentado, com animais do grupo suplementado apresentando  
813 níveis de Cu hepático em média 34% superiores até o desmame e níveis de selênio cerca  
814 de 5 vezes superiores aos 150 dias comparativamente aos animais do grupo controle.

815 Apesar de não haver diferença estatística no status de Se entre os grupos ao  
816 desmame, os animais do grupo controle apresentaram concentrações hepáticas de 0,49  
817 mg/kg de MS, valor abaixo do nível considerado crítico para deficiências (0,61 mg/kg  
818 de MS), indicando que a suplementação pode ser benéfica visando evitar deficiências de  
819 Se em bezerros ao desmame (ARTHINGTON et al., 2014).

820 O fornecimento de níveis adequados desses elementos a animais jovens pode ser  
821 desafiador devido ao seu baixo consumo de matéria seca (CMS) e da possibilidade de  
822 interações negativas com outros elementos da dieta (MACHADO et al., 2013). A  
823 administração de microminerais via parenteral pode ser um método eficiente de garantir  
824 que estes animais recebam níveis adequados desses minerais durante esses períodos,  
825 adicionalmente a suplementação mineral via dieta, podendo acarretar em efeitos  
826 positivos sobre a saúde e desempenho desses animais.

827 Bezerros leiteiros recebendo duas injeções subcutâneas (15, 10, 5 e 60 mg/mL de  
828 Cu, Mn, Se e Zn, respectivamente) de 1 mL aos 3 e 30 dias de idade apresentaram  
829 incremento nas concentrações séricas de Se e Zn, maior atividade de neutrófilos e da  
830 enzima glutathione peroxidase 14 dias após o nascimento, retornando a concentrações

831 semelhantes às do grupo controle aos 35 dias, aproximadamente 42% de redução na  
832 ocorrência de casos de diarreia e 35% menos chance de apresentar pneumonia ou otite  
833 até o desmame com 50 dias, embora esses benefícios não tenham se refletido em maiores  
834 GMD ou mortalidade reduzida (TEIXEIRA et al., 2014).

835         Incrementos na resposta imune humoral em decorrência da aplicação de 7 mL de  
836 uma solução de microminerais (15, 10, 5 e 40 mg/mL de Cu, Mn, Se e Zn,  
837 respectivamente), foram observados em bezerros com idade entre 10 e 12 meses,  
838 mantidos em pastagens, simultaneamente a vacinação viral, com aumento na titulação  
839 de anticorpos (até 60 dias após a vacinação) e nas concentrações séricas de Cu, Se e Zn  
840 (após 14 dias) comparativamente ao grupo controle (ARTHINGTON e HAVENGA,  
841 2012).

842         De forma semelhante, a aplicação de 1 mL/45 kg de PC da mesma solução em  
843 bezerros recém desmamados (7 meses) associados a vacinação viral proporcionou  
844 incrementos na resposta imune humoral associada a uma maior titulação de anticorpos,  
845 melhora no estado geral de saúde e aumentou a contagem de plaquetas até 21 dias após  
846 desafio com diarreia viral bovina (BVDV) realizado 5 dias após vacinação e aplicação  
847 dos tratamentos experimentais. As concentrações hepáticas de Cu e Se aumentaram  
848 significativamente nesse período nos animais tratados, não havendo efeito sobre as  
849 concentrações de Mn e Zn no fígado (BITTAR et al., 2020).

850         A aplicação em dose única no momento do desmame, em bezerros Nelore  
851 manejados em pastagens tropicais aumentou as concentrações plasmáticas de enzimas  
852 antioxidantes (superóxido dismutase e glutathione peroxidase) 7 dias após aplicação, de  
853 eosinófilos 21 dias após e de leucócitos e linfócitos apenas 64 dias após a aplicação de  
854 MMI. A concentração de plaquetas foi aumentada 21 dias após o desmame, todavia, sem  
855 efeito sobre o desempenho dos animais suplementados. Foi observada uma redução na  
856 concentração de hemoglobina corpuscular média, podendo indicar possíveis  
857 implicações no metabolismo do ferro (VEDOVATTO et al., 2020).

858         Duas aplicações de 1 mL/45 kg de PC em bezerros leiteiros com 3,5 meses de  
859 idade associadas a vacinação e reforço (com 21 dias de separação) contra diversas  
860 doenças virais e bacterianas observaram elevados níveis de Se hepático  
861 comparativamente ao grupo controle 21 e 56 dias após a vacinação, com níveis mais  
862 elevados após 21 dias da aplicação de microminerais, os níveis de Cu, Mn e Zn  
863 reduziram em ambos os tratamentos após a vacinação comparativamente aos valores  
864 basais, contudo, mantiveram-se mais elevados nos animais suplementados com

865 microminerais até 56 dias após a vacinação. A administração de microminerais  
866 proporcionou também uma resposta imune mais rápida, com maior titulação de  
867 anticorpos (28 dias) e leucócitos (14 dias) nos animais suplementados (PALOMARES et  
868 al., 2016).

869 Os mesmos animais do estudo anterior foram submetidos a uma nova aplicação  
870 de microminerais (1 mL/45 kg de PC) aos 8 meses de idade, 14 dias antes de serem  
871 desafiados com um inóculo de BVDV. A suplementação proporcionou efeitos positivos  
872 sobre o escore da saúde geral dos animais (5 e 8 dias após o desafio) e concentração de  
873 plaquetas (11 a 18 dias após o desafio), todavia, não proporcionou alterações na  
874 concentração plasmática de leucócitos, linfócitos e titulação de anticorpos (BITTAR et  
875 al., 2018).

876

#### 877 **EFEITO NO GANHO DE PESO E CONSUMO DE ANIMAIS RECÉM** 878 **CONFINADOS**

879

880 Animais recém-chegados ao confinamento também podem apresentar  
881 dificuldade em atender suas exigências, dependendo do status prévio de microminerais,  
882 do nível de consumo individual no início do confinamento e dos fatores estressantes aos  
883 quais os animais são submetidos nesse período, por exemplo, vacinação, desmame,  
884 transporte, mudança de dieta, entre outros.

885 O fornecimento de uma suplementação com microminerais via injeções  
886 subcutâneas pode ser um método efetivo de compensar possíveis desequilíbrios  
887 nutricionais prévios desses nutrientes e o baixo consumo inicial dos animais,  
888 assegurando níveis adequados desses elementos a bovinos no início do período de  
889 confinamento, podendo produzir efeitos positivos sobre a saúde e desempenho desses  
890 animais (RICHESON e KEGLEY, 2011; ROBERTS et al., 2016).

891 Nesse sentido, a aplicação de 1 mL/45 kg de PC de uma solução contendo  
892 microminerais em bovinos cruzados (PC inicial de 275 kg) na chegada ao confinamento,  
893 não evidenciou efeitos significativos sobre o desempenho e eficiência alimentar (42 dias  
894 de avaliação), com incremento na titulação de anticorpos aos 14 dias, demonstrando uma  
895 possível melhora na resposta imune humoral dos animais, embora o número de animais  
896 tratados com antibióticos e os custos com os tratamentos tenham sido semelhantes entre  
897 os grupos experimentais (ROBERTS et al., 2016).

898 A aplicação de 5 mL da solução provocou uma redução de 0,220 kg/dia no GMD  
899 de bovinos no período inicial de confinamento (28 dias), contudo, no período  
900 subsequente (168 dias), foram observadas maiores eficiências alimentares nos animais  
901 suplementados, sem diferenças no peso de carcaça quente e características de carcaça  
902 entre os tratamentos experimentais ao final do período (CLARK et al., 2006).

903 A aplicação de 1 mL/45 kg de PC de duas soluções comerciais distintas (SM1 =  
904 10, 20, 5 e 20; e SM2 = 16, 10, 5 e 48; mg/mL de Cu, Mn, Se e Zn, respectivamente a  
905 novilhas de corte (peso médio inicial de 199 kg) proporcionou, em ambas soluções,  
906 aumentos significativos no GMD, peso final, CMS e eficiência alimentar após um  
907 período de 55 dias de confinamento, associados a reduções na necessidade e nos custos  
908 de tratamentos com antibióticos (RICHESON e KEGLEY, 2011).

909

## 910 CONCLUSÕES

911

912 Esses estudos evidenciam os potenciais benefícios da suplementação injetável  
913 com microminerais em diferentes momentos do ciclo produtivo de bovinos, comumente  
914 associados a um maior estresse oxidativo e imunidade deprimida. Estudos avaliando  
915 sua utilização associada a fase de desmame de bovinos de corte mantidos em pastagens  
916 ainda são necessários para melhor entendimento das consequências, bem como dos  
917 momentos mais efetivos para a realização da suplementação.

918

## 919 REFERÊNCIAS

920

921 ANDRIEU, S. Is there a role for organic trace element supplements in transition cow  
922 health?. **The Veterinary Journal**, v. 176, p. 77-83, 2008.  
923 <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.022>

924

925 ARTHINGTON, J. D.; HAVENGA, L. J. Effect of injectable trace minerals on the humoral  
926 immune response to multivalent vaccine administration in beef calves. **Journal of**  
927 **Animal Science**, v. 90, p. 1966-1971, 2012. DOI: 10.2527/jas2011-4024

928

929 ARTHINGTON, J. D.; MORIEL, P.; MARTINS, P. G. M. A.; LAMB, G. C.; HAVENGA,  
930 L. J. Effects of trace mineral injections on measures of performance and trace mineral

- 931 status of pre- and postweaned beef calves. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 2630-  
932 2640, 2014. DOI: 10.2527/jas2013-7164
- 933
- 934 BATES, A.; WELLS, M.; LAVEN, R.; FERRIMAN, L.; HEISER, A.; FITZPATRICK, C.  
935 Effect of an injectable trace mineral supplement on the immune response of dairy calves.  
936 **Research in Veterinary Science**, v. 130, p. 1-10, 2020.  
937 <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.02.007>
- 938
- 939 BERNABUCCI, U.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; NARDONE, A. Influence of body  
940 condition score on relationships between metabolic status and oxidative stress in  
941 periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 2017-2026, 2005.  
942 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72878-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72878-2)
- 943
- 944 BERNABUCCI, U.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; NARDONE, A. Markers of oxidative  
945 status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. **Journal of**  
946 **Dairy Science**, v. 85, p. 2173-2179, 2002. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3)  
947 [0302\(02\)74296-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3)
- 948
- 949 BERNHARD, B. C.; BURDICK, N. C. ; ROUNDS, W. ; RATHMANN, R. J. ; CARROLL,  
950 J. A. ; FINCK, D. N.; JENNINGS, M. A.; YOUNG, T. R. ; JOHNSON, B. J. Chromium  
951 supplementation alters the performance and health of feedlot cattle during the receiving  
952 period and enhances their metabolic response to a lipopolysaccharide challenge. **Journal**  
953 **of Animal Science**, v. 90, p. 3879-3888, 2012. DOI: 10.2527/jas.2011-4981
- 954
- 955 BISHEHSARI, S.; TABATABAEI, M. M.; ALIARABI, H.; ALIPOUR, D.; ZAMANI, P.;  
956 AHMADI, A. Effect of dietary cobalt supplementation on plasma and rumen metabolites  
957 in Mehraban lambs. **Small Ruminant Research**, v. 90, p. 170-173, 2010.  
958 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.02.010>
- 959
- 960 BITTAR, J. H. J.; Hoyos-Jaramillo, A.; Hurley, D. J.; Woolums, A. R.; Havenga, L. J.  
961 Lourenço, J..M.; Barnett, G.; Gomes, V.; Saliki, J. T.; Harmon, D. D.; Palomares, R. A.  
962 Effects of injectable trace minerals administered concurrently with a modified live virus  
963 vaccine on long-term protection against bovine viral diarrhea virus acute infection in

- 964 dairy calves. **Research in Veterinary Science**, v. 119, p. 250-258, 2018.  
965 <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.07.003>  
966
- 967 BITTAR, J. H. J.; PALOMARES, R. A.; HURLEY, D. J.; HOYOS-JARAMILLO, A.;  
968 RODRIGUEZ, A.; STOSKUTE, A.; HAMRICK, B.; NORTON, N.; ADKINS, M.; SALIKI,  
969 J. T.; SANCHEZ, S.; LAUBER, K. Immune response and onset of protection from Bovine  
970 viral diarrhea virus 2 infection induced by modified-live virus vaccination concurrent  
971 with injectable trace minerals administration in newly received beef calves. **Veterinary**  
972 **Immunology and Immunopathology**, v. 225, 2020.  
973 <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2020.110055>  
974
- 975 CHAUHAN, S. S.; CELI, P.; PONNAMPALAM, E. N.; LEURY, B. J.; LIU, F.; DUNSHEA,  
976 F. R. Antioxidant dynamics in the live animal and implications for ruminant health and  
977 product (meat/milk) quality: role of vitamin E and selenium. **Animal Production**  
978 **Science**, v. 54, p. 1525-1536, 2014. DOI: 10.1071/AN14334  
979
- 980 CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHMIDT, T. B.; LARSON, R. L.; ELLERSIECK, M. R.;  
981 ALKIRE, D. O.; MEYER, D. L.; RENTFROW, G. K.; CARR, C. C. Effects of respiratory  
982 disease risk and a bolus injection of trace minerals at receiving on growing and finishing  
983 performance by beef steers. **The Professional Animal Scientist**, v. 22, p. 1-7, 2006.  
984 [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31100-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31100-1)  
985
- 986 GANDA, E. K.; BISINOTTO, R. S.; VASQUEZ, A. K.; TEIXEIRA, A. G. V.; MACHADO,  
987 V, S.; FODITSCH, C.; BICALHO, M.; LIMA, F. S.; STEPHENS, L.; GOMES, M. S.; DIAS,  
988 J. M.; BICALHO, R. C. Effects of injectable trace mineral supplementation in lactating  
989 dairy cows with elevated somatic cell counts. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 1-11,  
990 2016. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10989>  
991
- 992 HEFNAWY, A. E. G.; TÓRTORA-PÉREZ, J. L. The importance of selenium and the  
993 effects of its deficiency in animal health. **Small Ruminant Research**, v. 89, p. 185-192,  
994 2010. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.042>  
995

- 996 HOSNEDLOVA, B.; TRAVNICEK, J.; SOCH, M. Current view of the significance of zinc  
997 for ruminants: a review. **Agricultura Tropica Et Subtropica**, v. 40, n. 2, p. 57-64, 2007.  
998 DOI:10.11648/j.ajist.20170101.12  
999
- 1000 HOSTETLER, C. E.; KINCAID, R. L.; MIRANDO M. A. The role of essential trace  
1001 elements in embryonic and fetal development in livestock. **The Veterinary Journal**, v.  
1002 166, p. 125-139, 2003. [https://doi.org/10.1016/S1090-0233\(02\)00310-6](https://doi.org/10.1016/S1090-0233(02)00310-6)  
1003
- 1004 KIM, B.E. NEVIT, T.; THIELE, D.J. Mechanisms for copper acquisition, distribution and  
1005 regulation. **Nature Chemical Biology**, v. 4, p. 176-185, 2008.  
1006 <https://doi.org/10.1038/nchembio.72>  
1007
- 1008 LÓPEZ-ALONSO, M. Trace minerals and livestock: not too much not too little. **ISRN**  
1009 **Veterinary Science**, 2012. DOI:10.5402/2012/704825  
1010
- 1011 MACHADO, V. S.; BICALHO, M. L. S.; PEREIRA, R. V.; CAIXETA, L. S.; KNAUER, W.  
1012 A.; OIKONOMOU, G.; GILBERT, R. O.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable trace  
1013 mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health  
1014 and, production of lactating Holstein cows. **The Veterinary Journal**, v. 197, p. 451-456,  
1015 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.02.022>  
1016
- 1017 MACHADO, V.S.; OIKONOMOU, G.; LIMA, S. F.; BICALHO, M. L. S.; KACAR, C.;  
1018 FODITSCH, C.; FELIPPE, M. J.; GILBERT, R. O.; BICALHO, R. C. The effect of injectable  
1019 trace minerals (selenium, copper, zinc, and manganese) on peripheral blood leukocyte  
1020 activity and serum superoxide dismutase activity of lactating Holstein cows. **The**  
1021 **Veterinary Journal**, v. 200, p. 299-304, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.02.026>  
1022
- 1023 MUNDELL, L. R.; JAEGER, J. R.; WAGGONER, J. W.; STEVENSON, J. S.; GRIEGER, D.  
1024 M.; PACHECO, L. A.; BOLTE, J. W.; AUBEL, N. A.; ECKERLE, G. J.; MACEK, M. J.;  
1025 ENSLEY, S. M.; HAVENGA, L. J.; OLSON, K. C. Effects of prepartum and postpartum  
1026 bolus injections of trace minerals on performance of beef cows and calves grazing native  
1027 range. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, p. 82-88, 2012.  
1028 [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30318-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30318-1)  
1029

- 1030 NOVOTNY, J. A. Molybdenum nutriture in humans. **Journal of Evidence-Based**  
1031 **Complementary & Alternative Medicine**, v. 16, p. 164-168, 2011.  
1032 <https://doi.org/10.1177/2156587211406732>  
1033
- 1034 NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient  
1035 Requirements of Beef Cattle. 8th revised edition. Washington, DC: National Academy  
1036 Press, 2016.  
1037
- 1038 OVERTON, T. R.; YASUI, T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle.  
1039 **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 416-426, 2014. DOI: 10.2527/jas.2013-7145  
1040
- 1041 PALOMARES, R. A.; HURLEY, D. J.; BITTAR, J. H. J.; SALIKI, J. T.; WOOLUMS, A. R.;  
1042 MOLIERE, F.; HAVENGA, L. J.; NORTON, N. A.; CLIFTON, S. J.; SIGMUND, A. B.;  
1043 BARBER, C. E.; BERGER, M. L.; CLARK, M. J. Effects of injectable trace minerals on  
1044 humoral and cell-mediated immune responses to Bovine viral diarrhoea virus, Bovine  
1045 herpes virus 1 and Bovine respiratory syncytial virus following administration of a  
1046 modified-live virus vaccine in dairy calves. **Veterinary Immunology and**  
1047 **Immunopathology**, v. 178, p. 88-98, 2016.  
1048 <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2016.07.003>  
1049
- 1050 PAUL, S. S.; DEY, A. Nutrition in health and immune function of ruminants. **Indian**  
1051 **Journal of Animal Sciences**, v. 85, n. 2, p. 103-112, 2015.  
1052
- 1053 POGGE, D. J.; RICHTER, E. L.; DREWOSKI, M. E.; HANSEN, S. L. Mineral  
1054 concentrations of plasma and liver after injection with a trace mineral complex differ  
1055 among Angus and Simmental cattle. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 2692-2698,  
1056 2012. DOI:10.2527/jas2012-4482  
1057
- 1058 RANCHES, J.; DE OLIVEIRA, R. A.; VEDOVATTO, M.; PALMER, E. A.; MORIEL, P.;  
1059 SILVA, L. D.; ZYLBERLICHT, G.; DROUILLARD, J. S.; ARTHINGTON, J. D. Low  
1060 moisture, cooked molasses blocks: A limited intake method for supplementing trace  
1061 minerals to pre-weaned calves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 273, p. 1-12,  
1062 2021. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114793>  
1063

- 1064 RICHESON, J. T.; KEGLEY, E. B. Effect of Supplemental trace minerals from injection on  
1065 health and performance of highly stressed, newly received beef heifers. **The**  
1066 **Professional Animal Scientist**, v. 27, p. 461-466, 2011. [https://doi.org/10.15232/S1080-](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30519-2)  
1067 [7446\(15\)30519-2](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30519-2)  
1068
- 1069 ROBERTS, S. L.; MAY, N. D.; BRAUER, C. L.; GENTRY, W. W.; WEISS, C. P.; JENNINGS,  
1070 J. S.; RICHESON, J. T. Effect of injectable trace mineral administration on health,  
1071 performance, and vaccine response of newly received feedlot cattle. **The Professional**  
1072 **Animal Scientist**, v. 32, p. 842-848, 2016. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01543>  
1073
- 1074 ROCHE, J. R.; FRIGGENS, N. C.; KAY, J. K.; FISHER M. W.; STAFFORD, K. J.; BERRY,  
1075 D. P. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow  
1076 productivity, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5769-5801, 2009.  
1077 <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2431>  
1078
- 1079 ROSA, D. E. & MATTIOLI, G. A. Metabolismo y deficiencia de Cu en los bovinos.  
1080 **Analecta veterinária**, v. 22, p.7-16, 2002.  
1081
- 1082 SALES, J. N. S.; PEREIRA, R. V. V.; BICALHO, R. C.; BARUSELLI, P. S. Effect of  
1083 injectable copper, selenium, zinc and manganese on the pregnancy rate of crossbred  
1084 heifers (*Bos indicus*×*Bos taurus*) synchronized for timed embryo transfer. **Livestock**  
1085 **Science**, v. 142, p. 59-62, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.06.014>  
1086
- 1087 SHARMA, N.; SINGH, N. K.; SINGH, O. P.; PANDEY, V.; VERMA, P. K. Oxidative  
1088 Stress and Antioxidant Status during Transition Period in Dairy Cows. **Asian-**  
1089 **Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, n. 4, p. 479-484, 2011. DOI:  
1090 [10.5713/ajas.2011.10220](https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10220)  
1091
- 1092 SILVA, N. C. D.; MARTINS, T. L. T.; BORGES, I. Efeito dos microminerais na  
1093 alimentação de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 27, p. 75-98, 2017.  
1094
- 1095 SINGH, A.; KUMAR, M.; KUMAR, V.; ROY, D.; KUSHWAHA, R.; VASWANI, S.;  
1096 KUMAR, A. Effect of nickel supplementation on liver and kidney function test and  
1097 protein metabolism in growing cattle. **Proceedings of the National Academy of**

- 1098 **Sciences, India Section B: Biological Sciences**, v. 90, 2019. DOI: 10.1007/s40011-019-  
1099 01087-9  
1100
- 1101 SMITH, O. B.; AKINBAMIJO, O. O. Micronutrients and reproduction in farm animals.  
1102 **Animal Reproduction Science**, v. 60-61, p. 549-560, 2000.  
1103 [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00114-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00114-7)  
1104
- 1105 SORDILLO, L. M.; AITKEN, S. L. Impact of oxidative stress on the health and immune  
1106 function of dairy cattle. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 128, p. 104-  
1107 109, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.305>  
1108
- 1109 SORG, O. Oxidative stress: a theoretical model or a biological reality?. **Biologies**, v. 327,  
1110 p. 649-662, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2004.05.007>  
1111
- 1112 SPEARS, J. W. Micronutrients and immune function in cattle. **Proceedings of the**  
1113 **Nutrition Society**, v. 59, p. 587-594, 2000. <https://doi.org/10.1017/S0029665100000835>  
1114
- 1115 SPEARS, J. W. Trace mineral bioavailability in ruminants. **Journal of nutrition**, v. 133,  
1116 p. 1506-1509, 2003. DOI: 10.1093/jn/133.5.1506S  
1117
- 1118 SPEARS, J. W.; LLOYD, K. E.; KRAFKA, K. Chromium concentrations in ruminant feed  
1119 ingredients. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 3584-3590, 2017.  
1120 <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12153>  
1121
- 1122 SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Role of antioxidants and trace elements in health and  
1123 immunity of transition dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 176, p. 70-76, 2008.  
1124 <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.015>  
1125
- 1126 SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Invited review: mineral and vitamin nutrition in ruminants.  
1127 **The Professional Animal Scientist**, v. 30, p. 180-191, 2014.  
1128 [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30103-0](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30103-0)  
1129
- 1130 SPEARS, J. W.; WHISNANT, C. S.; HUNTINGTON, G. B.; LLOYD, K. E.; FRY, R. S.;  
1131 KRAFKA, K.; LAMPTEY, A.; HYDA, J. Chromium propionate enhances insulin

- 1132 sensitivity .in growing cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 2037-2045, 2012.  
1133 <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4845>  
1134
- 1135 SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 4rd edition. CABI, 2010. 579 p.  
1136
- 1137 TEIXEIRA, A. G. V.; LIMA, F. S.; BICALHO, M. L. S.; KUSSLER, A.; LIMA, S. F.;  
1138 FELIPPE, M. J.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable trace mineral supplement  
1139 containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of  
1140 dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 1-11, 2014.  
1141 <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7625>  
1142
- 1143 TIFFANY, M. E.; SPEARS, J. W. Differential responses to dietary cobalt in finishing steers  
1144 fed corn- versus barley-based diets. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 2580-2589, 2005.  
1145 <https://doi.org/10.2527/2005.83112580x>  
1146
- 1147 VAN RAVENSWAAY, R. O.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Effects of time and  
1148 dietary iron on tissue iron concentration as na estimate of relative bioavailability of  
1149 supplemental iron sources for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 90,  
1150 p. 185-198, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00208-5)  
1151
- 1152 VARGAS-RODRIGUEZ, C. F.; YUAN, K.; TITGEMEYER, E. C.; MAMEDOVA, L. K.;  
1153 GRISWOLD, K. E.; BRADFORD, B. J. Effects of supplemental chromium propionate and  
1154 rumen-protected amino acids on productivity, diet digestibility, and energy balance of  
1155 peak-lactation dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 3815-3821, 2014.  
1156 <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7767>  
1157
- 1158 VEDOVATTO, M. V.; MORIEL, P.; COOKE, R. F.; COSTA, D. S.; FARIA, F. J. C.;  
1159 CORTADA NETO, H. M.; PEREIRA, C. S.; BENTO, A. L. L.; ALMEIDA, R. G.; SANTOS,  
1160 S. A.; FRANCO, G. L. Effects of a single trace mineral injection on body parameters,  
1161 ovarian structures, pregnancy rate and components of the innate immune system of  
1162 grazing Nellore cows synchronized to a fixed-time AI protocol. **Livestock Science**, v.  
1163 225, p. 123-128, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.011>  
1164

- 1165 VEDOVATTO, M.; PEREIRA, C. S.; CORTADA NETO, I. M.; MORIEL, P.; MORAIS, M.  
1166 G.; FRANCO, G. L. Effect of a trace mineral injection at weaning on growth, antioxidant  
1167 enzymes activity and immune system in Nellore Calves. **Tropical Animal Health and**  
1168 **Production**, v. 52, p. 881-886, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02056-0>  
1169
- 1170 WANG, R. L.; KONG, X. H.; ZHANG, Y. Z.; ZHU, X. P.; NARENBATU; JIA, Z. H.  
1171 Influence of dietary cobalt on performance, nutrient digestibility and plasma metabolites  
1172 in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, p. 346-352, 2007.  
1173 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.08.011>  
1174 WILDE, D. Influence of macro and micro minerals in the periparturient period on  
1175 fertility in dairy cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 96, p. 240-249, 2006.  
1176 <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.004>  
1177
- 1178 YASUI, T.; EHRHARDT, R. M.; BOWMAN, G. R.; VAZQUEZ-ANON, M.; RICHARDS,  
1179 J. D.; ATWELL, C. A.; WINEMAN, T. D.; OVERTON, T. R. Effects of trace mineral  
1180 amount and source on aspects of oxidative status and immune function in dairy cows.  
1181 **Journal of Dairy Science**, v. 92, 2009. <https://doi.org/10.1017/S1751731118002525>  
1182
- 1183 YATOO, M. I.; SAXENA, A.; DEEPA, P. M.; HABEAB, B. P.; DEVI, S.; JATAV, R. S.;  
1184 DIMRI, U. Role of trace elements in animals: a review. **Veterinary World**, v. 6, n. 12, p.  
1185 963-967, 2013. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2013.963-967>

1186 Tabela 1. Efeito da aplicação de microminerais injetáveis (MMI) sobre a saúde e o desempenho  
 1187 reprodutivo de vacas

AUTORES	TRATAMENTOS	DELINEAMENTOS	RESULTADOS
Sales et al., 2011	5 mL de MMI	1 APLICAÇÃO: 17 dias pré TE	Maior taxa de concepção (43% vs. 30%)
Mundell et al., 2012	1 mL de MMI/90 kg de PC	2 APLICAÇÕES: 105 dias pré-parto 30 dias pré IATF	Maior taxa de concepção (60,2% vs. 51,2%)
Machado et al., 2013	5 mL de MMI	3 APLICAÇÕES: 230 e 260 dias de gestação 35 dias pós-parto	Redução na CCS, na incidência de mastite subclínica e na ocorrência de mastite clínica (40%) Redução na ocorrência de natimortos (6,1% vs. 4,3%) e de endometrites (34,2% vs. 28,6%) Sem efeito na produção de leite e na redução do período de serviço
Machado et al., 2014	5 mL de MMI	3 APLICAÇÕES: 230 e 260 dias de gestação 35 dias pós-parto	Maior atividade da SOD Sem efeito na atividade dos leucócitos
Ganda et al., 2016	5 mL de MMI	1 APLICAÇÃO: Diagnóstico de mastite subclínica	Redução nos casos de mastite clínica crônica Tendência de redução de mastite clínica e de cura da mastite subclínica
Vedovatto et al., 2019	6 mL de MMI	1 APLICAÇÃO: 30 dias pré IATF	Sem efeito na haptoglobina e ceruloplasmina, na taxa de prenhez e progesterona Maior concentração de SOD 22 e 17 dias pré IATF Aumento da GSH-Px 26 dias pré IATF

1188 <sup>1</sup>MMI, microminerais injetáveis, solução comercial Multimin 90 (Composição: 60 mg de Zn/mL,  
 1189 10 mg de Mn/mL, 5 mg de Se/mL e 15 mg de Cu/mL (Multimin 90, Multimin, Fort Collins, CO,  
 1190 USA)).

1191 <sup>2</sup>CCS, contagem de células somáticas; IATF, inseminação artificial em tempo fixo; PC, peso  
 1192 corporal; GSH-Px, glutathiona peroxidase; SOD, superóxido dismutase.

1193 Tabela 2: Efeito da aplicação de microminerais injetáveis (MMI) sobre a saúde e o desempenho  
 1194 de bovinos jovens

AUTORES	TRATAMENTO	DELINEAMENTO	RESULTADOS
Arthington e Havenga (2012)	7 mL de MMI	1 APLICAÇÃO: 10 a 12 meses de idade simultaneamente a vacinação viral	Aumento na concentração sérica de Se, Cu e Zn 14 dias após aplicação Aumento na titulação de anticorpos 60 dias após aplicação
Arthington et al., 2014	1 mL de MMI	3 APLICAÇÕES: Nascimento, 100 e 200 dias de idade	Cobre hepático 34% superior no desmame e Selênio 5 vezes superior aos 150 dias de idade Sem efeito sobre o GMD e PC até o desmame (250 dias)
Teixeira et al., 2014	1 mL de MMI	2 APLICAÇÕES: 3 e 30 dias de idade	Aumento na concentração sérica de Se e Zn, e na atividade de neutrófilos e GSH-Px aos 14 dias de idade Redução na ocorrência de diarreia (42%) e de pneumonia ou otite (35%), sem efeito no GMD e mortalidade avaliados no desmame (50 dias)
Palomares et al., 2016	1 mL de MMI /45kg de PC	2 APLICAÇÕES: Bezerro leiteiro de 3 a 5 meses de idade simultaneamente as vacinas Reforço após 21 dias	Resposta imune mais rápida Maior titulação de anticorpos aos 28 dias, maior concentração de leucócitos aos 14 dias e de Se hepático dos 21 aos 56 dias
Bittar et al., 2018	1 mL de MMI /45kg de PC	1 APLICAÇÃO: Bezerro leiteiro (8 meses) 14 dias pré desafio imunológico (BVDV)	Melhor escore de saúde geral (5 a 8 dias após desafio) Maior concentração de plaquetas (11 a 18 dias após desafio) Sem efeito sobre a concentração de leucócitos, linfócitos e titulação de anticorpos
Bittar et al., 2020	1 mL de MMI /45 kg de PC	1 aplicação Bezerros recém desmamados simultaneamente a vacinação viral Desafio com BVDV 5 após vacina	Maior titulação de anticorpos Melhor escore de saúde geral Maior contagem de plaquetas 21 dias após desafio

1195 <sup>1</sup>MMI, microminerais injetáveis, solução comercial Multimin 90 (Composição: 60 mg de Zn/mL, 10 mg de  
 1196 Mn/mL, 5 mg de Se/mL e 15 mg de Cu/mL (Multimin 90, Multimin, Fort Collins, CO, USA)).

1197 <sup>2</sup>BVDV, diarreia viral bovina; GMD, ganho médio diário; PC, peso corporal; GSH-Px, glutathiona peroxidase

1198 **CAPÍTULO 2 – MICROMINERAIS INJETÁVEIS PARA BEZERROS DE**  
1199 **CORTE NO PERÍODO PRÉ-DESMAME SOBRE AS VARIÁVEIS**  
1200 **HEMATOLÓGICA**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação no periódico *Livestock Science* excetuando-se o idioma.

1201

1202

***Running Head: microminerais injetáveis e variáveis hematológicas***

1203

1204 **Microminerais injetáveis para bezerros de corte no período pré-desmame sobre as**

1205

**variáveis hematológicas**

1206

1207

Anderson Luiz de Lucca Bento<sup>a</sup>, Gumercindo Loriano Franco<sup>a\*</sup>

1208

1209

<sup>a</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso

1210

do Sul, Av. Senador Filinto Muller, nº. 2443, Campo Grande/MS, Brazil, 79070-900.

1211

\*Autor para correspondência: [gumercindo.franco@ufms.br](mailto:gumercindo.franco@ufms.br)

1212 **Resumo**

1213

1214 Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de microminerais injetáveis (MMI) 14 dias  
1215 antecedendo ao desmame sobre as variáveis hematológicas e sistema imunológico de  
1216 bezerros Nelore mantidos em pastagens de clima tropical. Foram utilizados 64 bezerros  
1217 em fase de desmame subdivididos em dois lotes experimentais em função da época de  
1218 nascimento, sendo: lote 1 - 18 machos e 14 fêmeas com média de idade ao desmame de  
1219  $208 \pm 13,3$  dias, lote 2 - 14 machos e 18 fêmeas com média de idade ao desmame de  
1220  $207 \pm 21,4$  dias. As fêmeas apresentaram PC médio inicial de  $163 \pm 19$  kg e os machos  
1221  $181 \pm 23$  kg. O estudo teve duração de 70 dias por lote, compreendendo o período de 14  
1222 dias anteriores ao desmame (d-14) a 56 dias após o desmame (d56). Os animais foram  
1223 estratificados pelo PC e sexo em dois tratamentos: SALINA, injeção de solução salina (1  
1224 mL/45 kg de PC) e MMI, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC) contendo Cu, Mn,  
1225 Se e Zn na composição. Os MMI apresentavam 15 mg de Cu/mL, 10 mg de Mn/mL, 5  
1226 mg de Se/mL e 60 mg de Zn/mL. Os animais foram manejados sempre em lote único e  
1227 alternados em diferentes piquetes de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* cv.  
1228 Marandu, com acesso a água e suplementação mineral. Foi observada uma tendência ( $P$   
1229  $= 0,0836$ ) de maior concentração de hemácias no momento do desmame em animais que  
1230 receberam MMI. Foi observada redução do volume corpuscular médio (VCM;  $P =$   
1231  $0,0208$ ) nos animais tratados com MMI comparativamente ao SALINA, não havendo  
1232 interação entre os tratamentos e os dias de avaliação. Houve uma tendência ( $P = 0,0884$ )  
1233 de redução da hemoglobina corpuscular média (HCM) quando os animais foram tratados  
1234 com MMI. Não foi observado efeito da aplicação de MMI ( $P > 0,05$ ) sobre a amplitude  
1235 de distribuição das hemácias medido como coeficiente de variação (RDW-CV),  
1236 hematócrito, hemoglobina e concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM).

1237 Não houve efeito de tratamento ou interação tratamento x dia para as variáveis avaliadas  
1238 no leucograma ( $P > 0,05$ ), havendo efeito de dia ( $P < 0,05$ ) para estas variáveis. A  
1239 aplicação de MMI 14 dias antecedendo ao desmame reduziu o VCM e o HCM, aumentou  
1240 a concentração de plaquetas pré-desmame e de hemácias no dia do desmame, com menor  
1241 concentração de plaquetas 14 dias após o desmame, não apresentando efeitos sobre os  
1242 componentes do sistema imunológico de bezerros de corte, mantidos em pastagens  
1243 tropicais e com acesso a suplementação mineral.

1244 **Palavras-chave:** bovinos; função imune; hemograma; leucócitos

## 1245 **1. Introdução**

1246 Os microminerais são necessários em uma ampla gama de processos biológicos,  
1247 estando presentes em uma série de enzimas, cofatores e proteínas reativas, que por sua  
1248 vez atuam em processos relacionados à obtenção de energia, síntese de DNA e RNA,  
1249 síntese de hormônios, função antioxidante das células, entre outros, estando assim,  
1250 diretamente associados ao desempenho, sistema imunológico e saúde dos animais (Suttle,  
1251 2010; NASEM, 2016).

1252 Deficiências subclínicas de microminerais podem ocorrer de forma frequente,  
1253 gerando perdas difíceis de quantificar, devido a não levarem a ocorrência de sintomas  
1254 específicos (Suttle, 2010).

1255 O fornecimento de níveis adicionais e melhoria do status de microminerais em  
1256 ruminantes têm demonstrado efeitos positivos sobre a saúde e produção animal,  
1257 evidenciando reduções de morbidade, diminuição de custos com tratamentos e melhoria  
1258 no desempenho produtivo (Bittar et al., 2020; Machado et al., 2013; Teixeira et al., 2014;  
1259 Yattoo et al., 2013).

1260 O desmame é um momento de elevado estresse e demanda metabólica,  
1261 especialmente quando realizado de forma abrupta, que pode proporcionar alterações  
1262 comportamentais e na função imune (Lynch et al., 2012). A aplicação de MMI associada  
1263 a esse período apresenta potencial para proporcionar a melhoria do status imunológico  
1264 dos bezerros, podendo se refletir em melhoria na saúde e desempenho dos animais  
1265 (Teixeira et al., 2014).

1266 A aplicação de MMI em bezerros Nelore mantidos em pastagens tropicais de baixa  
1267 qualidade no momento do desmame proporcionou incrementos na produção de enzimas  
1268 antioxidantes, na concentração de plaquetas e leucócitos, todavia, não proporcionou  
1269 alterações no desempenho dos animais suplementados (Vedovatto et al., 2020).

1270 Nossa hipótese é que a aplicação de forma antecipada ao desmame poderia permitir  
1271 um período para ajustes metabólicos, minimizar os efeitos de uma possível resposta  
1272 inflamatória e possibilitar um melhor status geral de saúde e imunológico nesse momento.

1273 Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de MMI 14 dias  
1274 antecedendo ao desmame sobre as variáveis hematológicas, produção de enzimas  
1275 antioxidantes e sistema imunológico de bezerros Nelore manejados em pastagens  
1276 tropicais.

1277

## 1278 **2. Material e Métodos**

1279 O experimento foi conduzido entre os dias 24 de abril e 21 de agosto de 2017 na  
1280 Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia pertencente à UFMS,  
1281 localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil, nas coordenadas  
1282 20°26'50,8"S, 54°50'21,5"O, sendo aprovado pela Comissão de ética no uso de animais  
1283 (CEUA) da UFMS sob o protocolo nº 754/2016, seguindo os padrões éticos demandados  
1284 pela pesquisa com animais.

1285

### 1286 *2.1 Animais, tratamentos e coletas de amostras*

1287 Foram utilizados 64 bezerros Nelore em fase de desmame, subdivididos em dois  
1288 grupos experimentais, separados pela época de nascimento dos animais. No grupo 1  
1289 foram utilizados 18 machos e 14 fêmeas, nascidos entre 14 de setembro e 27 de outubro  
1290 de 2017 e média de idade ao desmame de  $208 \pm 13,3$  dias. No grupo 2 foram utilizados 14  
1291 machos e 18 fêmeas nascidos entre 30 de outubro de 2017 e 11 de janeiro de 2018 e média  
1292 de idade ao desmame de  $207 \pm 21,4$  dias.

1293 Cada grupo apresentou um período de avaliação de 70 dias, compreendendo o  
1294 período de 14 dias anteriores ao desmame (d-14) a 56 dias após o desmame (d56). As

1295 fêmeas apresentaram PC médio inicial de  $166\pm 21$  kg (grupo 1) e  $160\pm 19$  kg (grupo 2) e  
1296 os machos  $183\pm 16$  kg (grupo 1) e  $172\pm 23$  kg (grupo 2). Cada animal possuía uma  
1297 identificação individual por meio de brinco auricular.

1298 No início de cada período experimental (d-14), os animais foram separados em  
1299 função do sexo e PC em dois tratamentos aplicados via subcutânea na tábua do pescoço  
1300 do lado direito: microminerais injetáveis (MMI; 1 mL/45kg de PC) e injeção de solução  
1301 salina (SALINA; 0.9% NaCl; 1 mL/45 kg de PC). A solução mineral injetável possuía 15  
1302 mg de Cu/mL, 10 mg de Mn/mL, 5 mg de Se/mL e 60 mg de Zn/mL (Multimin 90,  
1303 Multimin, Fort Collins, CO, USA).

1304 Após o procedimento inicial, os animais foram mantidos em um piquete único  
1305 formado com capim-marandú [*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster,  
1306 cv. Marandu] com suas mães, e tiveram livre acesso a água e suplementos minerais até o  
1307 momento do desmame (d0). No momento do desmame, os animais passaram pelos  
1308 procedimentos normais de manejo da propriedade, sendo vacinados contra febre aftosa  
1309 (2 mL; Bovicel<sup>®</sup>, Valée S.A.) e clostridioses (5 mL; Excell 10<sup>®</sup>, Vencofarma), receberam  
1310 Ivermectina 1% (Ivomec<sup>®</sup>, Merial) e foram identificados numericamente na perna direita  
1311 por meio de ferro candente. Após o procedimento, estes foram separados de suas mães e  
1312 direcionados a outro piquete, sendo manejados em lote único até o final do experimento.

1313 Após o desmame, os animais foram alternados em diferentes piquetes de *Urochloa*  
1314 *decumbens* e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com acesso a água e suplementação  
1315 mineral, sendo a qualidade das forrageiras avaliada através de colheitas manuais,  
1316 simulando o pastejo, em quatro momentos (d-14, d0, d28 e d56) para cada bloco e, na  
1317 sequência, foram secas em estufa de ventilação a 55°C por 72 horas e moídas em peneira  
1318 de 1 mm, para posterior análise de sua composição química.

1319 Foram feitas colheitas de sangue na veia jugular de todos os animais nos dias -14, -

1320 7, 0 e 14 em tubos contendo K<sub>2</sub>EDTA (4 mL), que foram transportados em caixa térmica  
1321 com gelo e submetidos a análises hematológicas no mesmo dia em equipamento  
1322 automatizado (pocH-100iV DIFF *Sysmex*®).

1323

## 1324 2.2 *Análises laboratoriais*

1325 A avaliação da composição química da forrageira foi realizada segundo as  
1326 metodologias do AOAC (2000) para determinação dos teores de matéria seca (MS;  
1327 método 930,15), proteína bruta (PB; método 976,05), extrato etéreo (EE; método 920,39)  
1328 e matéria mineral (MM; método 942,05), e seguindo as metodologias de Van Soest et al.  
1329 (1991) para determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em  
1330 detergente ácido (FDA).

1331 Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com o NRC (2001)  
1332 como:  $CNF (\%) = 100 - (\% FDN + \% PB + \% EE + \% MM)$ . O teor de nutrientes  
1333 digestíveis totais foi estimado com base nos teores de FDN e PB das amostras de acordo  
1334 com a equação  $NDT = 91,6086 - 0,669233 \times FDN + 0,437932 \times PB$ , (Cappelle et al.,  
1335 2001). A composição bromatológica das pastagens é demonstrada na Tabela 1.

1336 As amostras completas de sangue foram analisadas com a realização do hemograma  
1337 completo em equipamento automatizado (pocH-100iV DIFF *Sysmex*®).

1338

## 1339 2.3 *Análises estatísticas*

1340 Os dados foram analisados considerando os efeitos de tratamento, lote e sexo, por  
1341 meio do procedimento MIXED do software estatístico SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC,  
1342 USA, versão 9,4) com a aproximação Satterthwaite para determinar os graus de liberdade  
1343 do denominador para efeitos fixos.

1344 Os modelos estatísticos para as variáveis hematológicas continham os efeitos fixos  
1345 de tratamento, dia e a interação resultante destes efeitos, e animal (tratamento), sexo e  
1346 lote como variáveis aleatórias. Estas variáveis foram analisadas como medidas repetidas  
1347 no tempo, usando dia como termo específico e como sujeito animal (tratamento). Para  
1348 estas, os resultados do d-14 (início do período experimental) foram incluídos como  
1349 covariáveis em cada análise. Foi escolhida a estrutura de covariância que melhor se  
1350 ajustou aos dados de cada variável, tomando como base o menor critério de informação  
1351 de Akaike.

1352 A função PDIFF foi utilizada quando detectada significância no teste-F e todos os  
1353 resultados são reportados como LSMEANS seguidos por erro padrão da média (EPM). A  
1354 significância foi definida quando  $P \leq 0,05$ . Foram consideradas tendências valores com  $P$   
1355  $> 0,05$  e  $\leq 0,10$ .

1356

### 1357 **3.0 Resultados**

1358 Foi observado efeito de dia para todas as variáveis hematológicas avaliadas no  
1359 eritrograma ( $P \leq 0,05$ ; Tabela 2). A concentração de hemácias se manteve estável do  
1360 início do estudo até o momento do desmame, chegando a níveis máximos 14 dias após o  
1361 desmame ( $P < 0,0001$ ). Foi observada uma tendência ( $P = 0,0836$ ) de maior concentração  
1362 de hemácias no momento do desmame em animais que receberam a aplicação de MMI  
1363 14 dias antes. Foi observada redução do volume corpuscular médio (VCM;  $P = 0,0208$ )  
1364 nos animais tratados com MMI comparativamente ao SALINA, não havendo interação  
1365 entre os tratamentos e os dias de avaliação.

1366 Embora os tratamentos experimentais não tenham influenciado a concentração de  
1367 hemoglobina ( $P = 0,5235$ ), houve uma tendência ( $P = 0,0884$ ) de redução da hemoglobina  
1368 corpuscular média (HCM) quando os animais foram tratados com MMI (Tabela 2).

1369 Não houve efeito de tratamento ( $P = 0,4952$ ) para a concentração de plaquetas,  
1370 todavia, foi observada interação ( $P = 0,0004$ ) entre os tratamentos e os dias após a  
1371 aplicação sobre essa variável, onde, os níveis foram aumentados sete dias após a aplicação  
1372 dos tratamentos no grupo MMI, retornando a níveis semelhantes ao SALINA no  
1373 momento do desmame e assumindo valores inferiores 14 dias após o desmame (Tabela  
1374 2).

1375 Para as variáveis amplitude de distribuição das hemácias medido como coeficiente  
1376 de variação (RDW-CV), hematócrito, hemoglobina e concentração da hemoglobina  
1377 corpuscular média (CHCM), não foram observados efeitos dos tratamentos e interação  
1378 tratamento x dia ( $P > 0,05$ ).

1379 Não houve efeito de tratamento ou interação tratamento x dia para as variáveis  
1380 avaliadas no leucograma ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). As concentrações de leucócitos, linfócitos  
1381 e eosinófilos variaram ao longo do período experimental, apresentando redução de suas  
1382 concentrações 7 dias pré-desmame, elevação no dia do desmame e nova redução 14 dias  
1383 pós-desmame ( $P < 0,0001$ ). A concentração de monócitos permaneceu baixa durante todo  
1384 o período de avaliação, com exceção do dia do desmame (d0), quando foi observada uma  
1385 elevação nos níveis de monócitos ( $P < 0,0001$ ) em ambos os tratamentos experimentais.  
1386 Não foi observado efeito de tratamento, dia e tratamento x dia ( $P > 0,05$ ) para a  
1387 concentração de neutrófilos no presente estudo.

1388

#### 1389 **4.0 Discussão**

1390 Houve uma tendência de aumento ( $P = 0,0836$ ) na concentração de hemácias no  
1391 momento do desmame em bezerras que receberam MMI 14 dias antecedendo ao  
1392 desmame. Ao suplementar novilhas com hipocupremia, Sharma et al. (2005) observaram  
1393 um aumento significativo na concentração de hemácias comparativamente aos animais

1394 recebendo mistura mineral sem a inclusão de sulfato de cobre até 180 dias após o início  
1395 da suplementação, associando possíveis deficiências de Cu a menores contagens de  
1396 hemácias e menores concentrações de hemoglobina.

1397 O maior aporte de Cu, Mn, Se e Zn proporcionado pelos MMI poderia elevar a  
1398 atividade de enzimas antioxidantes como as enzimas superóxido dismutases (SOD;  
1399 dependentes de Cu, Mn e Zn) e Glutathione peroxidases (dependentes de Se). Estudos  
1400 demonstraram essa resposta em animais que receberam MMI por períodos variados.

1401 A maior atividade dessas enzimas antioxidantes pode reduzir o dano oxidativo as  
1402 hemácias, aumentando sua meia vida útil (Sharma et al., 2005; Mattioli et al., 2019), o  
1403 que pode ter se refletido em uma maior contagem de hemácias 14 dias após a aplicação  
1404 de MMI no presente estudo.

1405 Embora tenha sido observada uma tendência de aumento na contagem de hemácias  
1406 no momento do desmame, foi observado um menor volume corpuscular médio (VCM)  
1407 nos animais que receberam MMI ( $P = 0,0208$ ). Foi observada também uma tendência de  
1408 redução ( $P = 0,0884$ ) na hemoglobina corpuscular média (HCM) nos animais  
1409 suplementados (Tabela 2).

1410 Ao realizar uma única aplicação de MMI em bezerros de corte no dia do desmame,  
1411 Vedovatto et al. (2020a) não observaram alteração no VCM dos animais suplementados,  
1412 bem como em outras variáveis hematológicas associadas (contagem de hemácias,  
1413 hematócrito e HCM), com menores valores de CHCM nos animais que receberam a  
1414 aplicação de MMI.

1415 De forma inversa, a aplicação de doses consecutivas (0,3 mg/kg de edetato de Cu e  
1416 1 mg/kg de edetato de Zn) a cada 40 dias entre os 3 e 7 meses de idade proporcionou um  
1417 maior VCM (entre 80 e 120 dias após a primeira aplicação), hemoglobina (40 e 120 dias  
1418 após a primeira aplicação) e no HCM (120 dias após a primeira aplicação), a contagem

1419 de hemácias não foi influenciada (Mattioli et al., 2019).

1420 Ao realizar a aplicação de uma dose única em caprinos, Vedovatto et al. (2020b)  
1421 observaram uma breve redução na HCM três dias após a aplicação de MMI, com redução  
1422 na concentração de hemoglobina corpuscular média nesse tratamento (CHCM), não  
1423 havendo efeito sobre outras variáveis hematológicas (Contagem de hemácias,  
1424 hematócrito e VCM).

1425 Uma possível razão para os menores valores de VCM e HCM observados nos  
1426 animais que receberam MMI pode estar associada a maiores níveis de ceruloplasmina  
1427 plasmática, um importante mediador da mobilização de Fe no organismo e o principal  
1428 responsável pelo transporte de Cu (Roeser et al., 1970). A aplicação de MMI em bezerros  
1429 no nascimento, 100 e 200 dias proporcionou maiores concentrações hepáticas de Cu,  
1430 associadas a menores concentrações de Fe (Arthington et al., 2014). Estes autores também  
1431 demonstram elevação nos níveis de ceruloplasmina plasmática após a aplicação de MMI  
1432 no momento do desmame.

1433 Assim, um maior aporte de Cu, subsequente a aplicação de MMI pode ter  
1434 influenciado de forma negativa os teores de Fe hepáticos, reduzindo sua disponibilidade  
1435 para a hemoglobina, com conseqüente reduções no VCM e HCM nos animais  
1436 suplementados.

1437 No presente estudo, os valores da concentração de hemácias, hematócrito,  
1438 hemoglobina, RDW-CV, CHCM e plaquetas permaneceram dentro das faixas  
1439 consideradas normais para bovinos (Roland et al., 2014). As variáveis VCM e HCM  
1440 encontraram-se abaixo das faixas consideradas normais (46 a 65 fl e 11 a 17 pg,  
1441 respectivamente), podendo ser indicativo do início do desenvolvimento de uma anemia  
1442 microcítica em ambos os tratamentos, comumente associada a deficiências de ferro, que  
1443 pode resultar da baixa ingestão de alimentos no presente estudo, devido, principalmente

1444 a baixa qualidade de forragem e ausência de suplementação proteica.

1445 Foi observada uma interação entre os tratamentos experimentais sobre a  
1446 concentração de plaquetas ao longo do período de avaliação ( $P = 0,0004$ ), com o aumento  
1447 em sua concentração 7 dias após o tratamento nos animais que receberam MMI,  
1448 retornando aos níveis basais no momento do desmame (d0) e decréscimo em sua  
1449 concentração no d14. Nos animais não suplementados, as plaquetas aumentaram de forma  
1450 menos pronunciada no d-7, todavia, permaneceram estáveis até o d14.

1451 Quando bezerros recém desmamados foram desafiados com agentes virais, animais  
1452 não vacinados apresentaram as menores concentrações de plaquetas, juntamente com  
1453 menores titulações de anticorpos. Entre animais vacinados, a aplicação de MMI  
1454 proporcionou aumento na concentração de plaquetas (Bittar et al., 2018; Bittar et al.,  
1455 2020). Bittar et al. (2020) também observaram maiores titulações de anticorpos, melhor  
1456 status sanitário e resposta imune humoral aumentada, adicionalmente a maior  
1457 concentração de plaquetas, quando suplementados com MMI, indicando decréscimos  
1458 expressivos na contagem de plaquetas em animais submetidos a infecções virais.

1459 A aplicação de MMI elevou a concentração de plaquetas 21 dias após a aplicação  
1460 em bezerros ao desmame (Vedovatto et al., 2020a) e após 7 dias em cabritos recém-  
1461 nascidos (Vedovatto et al., 2020b). Esses autores sugeriram estes incrementos a um  
1462 menor estresse oxidativo nestas células em decorrência da aplicação de MMI e aumento  
1463 da atividade de enzimas antioxidantes.

1464 A concentração de leucócitos observada no presente estudo esteve acima dos níveis  
1465 preconizados para bovinos ( $5$  a  $10 \times 10^3$  células/ $\mu\text{L}$ ), associados a níveis elevados de  
1466 neutrófilos e linfócitos, podendo evidenciar elevados níveis de estresse e ocorrência de  
1467 processos inflamatórios crônicos (Roland et al., 2014).

1468 Não foram observados efeitos dos tratamentos experimentais sobre o leucograma

1469 de bezerros ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). Aumentos na concentração de leucócitos podem ser  
1470 esperados em decorrência de menores danos oxidativos ocasionados a sua membrana  
1471 celular, aumentando sua meia vida e conseqüentemente, sua concentração no plasma. As  
1472 células do sistema imune apresentam elevadas concentrações de ácidos graxos poli-  
1473 insaturados em suas membranas, sendo amplamente suscetíveis a peroxidação lipídica  
1474 (Spears e Weiss, 2008). Desse modo, incrementos na concentração dessas células  
1475 poderiam ser esperados com a aplicação de MMI.

1476 Mattioli et al. (2019) não observaram alterações na concentração de leucócitos em  
1477 bezerros submetidos a aplicações consecutivas de MMI (0,3 mg/kg de edetato de Cu e 1  
1478 mg/kg de edetato de Zn) entre os 3 e 7 meses de idade. De forma semelhante, Bittar et al.  
1479 (2020) não relataram efeito da aplicação de MMI sobre a concentração de leucócitos em  
1480 bezerros submetidos a um desafio com um antígeno viral após o desmame. Animais não  
1481 vacinados nesse estudo demonstraram marcada redução na contagem de leucócitos,  
1482 podendo essa redução estar associada a apoptose e necrose dos leucócitos, bem como ser  
1483 decorrente de sua migração para os tecidos alvo onde as células virais se multiplicam.

1484 Vedovatto et al. (2020a) ao aplicar MMI em bezerros de corte no momento do  
1485 desmame observaram maiores concentrações de leucócitos apenas 64 dias após a  
1486 aplicação, associada a uma elevação na quantidade de linfócitos. A concentração de  
1487 neutrófilos foi aumentada 21 dias após a aplicação de MMI nos animais tratados frente  
1488 ao grupo controle, não levando a alteração na quantidade de leucócitos totais nesse  
1489 período.

1490 Uma maior atividade fagocítica dos neutrófilos foi demonstrada por Teixeira et al.  
1491 (2014) em animais suplementados com MMI 3 e 30 dias após o nascimento. Esses autores  
1492 relataram ainda maior concentração da enzima glutathione peroxidase com 14 dias,

1493 podendo ter auxiliado na manutenção da integridade celular dos neutrófilos e,  
1494 conseqüentemente, no aumento da sua atividade fagocítica.

1495

## 1496 **5.0 Conclusão**

1497 A aplicação de MMI 14 dias antecedendo ao desmame reduziu o VCM e o HCM,  
1498 aumentou a concentração de plaquetas pré-desmame e de hemácias no dia do desmame,  
1499 com menor concentração de plaquetas 14 dias após o desmame, não apresentando efeitos  
1500 sobre os componentes do sistema imunológico de bezerros de corte, mantidos em  
1501 pastagens tropicais e com acesso a suplementação mineral.

1502

## 1503 **Conflito de interesse**

1504 Os autores declaram não haver conflito de interesse.

1505

## 1506 **Agradecimentos**

1507 Nós gostaríamos de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de  
1508 Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos fornecida ao primeiro autor, à Fundação  
1509 de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato  
1510 Grosso do Sul (FUNDECT; 116/2016) por patrocinar o estudo, à empresa Multimin (Fort  
1511 Collins, CO, USA,) pela doação do MMI.

1512

## 1513 **Referências**

1514 AOAC, 2000. Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical  
1515 Chemists, Gaithersburg, MD.

1516

- 1517 ARTHINGTON, J. D.; MORIEL, P.; MARTINS, P. G. M. A.; LAMB, G. C.;
- 1518 HAVENGA, L. J. Effects of trace mineral injections on measures of performance and
- 1519 trace mineral status of pre- and postweaned beef calves. **Journal of Animal Science**, v.
- 1520 92, p. 2630-2640, 2014. DOI: 10.2527/jas2013-7164
- 1521
- 1522 BITTAR, J. H. J.; HOYOS-JARAMILLO, A.; HURLEY, D. J.; WOOLUMS, A. R.;
- 1523 HAVENGA, L. J.; LOURENÇO, J. M.; BARNETT, G.; GOMES, V.; SALIKI, J. T.;
- 1524 HARMON, D. D.; PALOMARES, R. A. Effects of injectable trace minerals administered
- 1525 concurrently with a modified live virus vaccine on long-term protection against bovine
- 1526 viral diarrhea virus acute infection in dairy calves. **Research in Veterinary Science**, v.
- 1527 119, p. 250-258, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.07.003>
- 1528
- 1529 BITTAR, J. H. J.; PALOMARES, R. A.; HURLEY, D. J.; HOYOS-JARAMILLO, A.;
- 1530 RODRIGUEZ, A.; STOSKUTE, A.; HAMRICK, B.; NORTON, N.; ADKINS, M.;
- 1531 SALIKI, J. T.; SANCHEZ, S.; LAUBER, K. Immune response and onset of protection
- 1532 from Bovine viral diarrhea virus 2 infection induced by modified-live virus vaccination
- 1533 concurrent with injectable trace minerals administration in newly received beef calves.
- 1534 **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 225, 2020.
- 1535 <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2020.110055>
- 1536
- 1537 CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R.
- 1538 Estimates of the Energy Value from Chemical Characteristics of the Feedstuffs. **Brazilian**
- 1539 **Journal of Animal Science**, v. 30, p. 1837-11856, 2001. DOI: 10.1590/S1516-
- 1540 35982001000700022
- 1541

1542 LYNCH, E. M.; McGEE, M.; DOYLE, S.; EARLEY, B. Effect of pre-weaning  
1543 concentrate supplementation on peripheral distribution of leukocytes, functional activity  
1544 of neutrophils, acute phase protein and behavioural responses of abruptly weaned and  
1545 housed beef calves. **BMC Veterinary Research**, v. 8, p. 1–11, 2012. DOI:  
1546 10.1186/1746-6148-8-1

1547

1548 MACHADO, V. S.; BICALHO, M. L. S.; PEREIRA, R. V.; CAIXETA, L. S.; KNAUER,  
1549 W. A.; OIKONOMOU, G.; GILBERT, R. O.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable  
1550 trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health  
1551 and, production of lactating Holstein cows. **The Veterinary Journal**, v. 197, p. 451-456,  
1552 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.02.022>

1553

1554 MATTIOLI, G. A.; ROSA, D. E.; TURIC, E.; TESTA, J. A.; LIZARRAGA, R. M.;  
1555 FAZZIO, L. E. Effect of Injectable Copper and Zinc Supplementation on Weight,  
1556 Hematological Parameters, and Immune Response in Pre-weaning Beef Calves.  
1557 **Biological Trace Element Research**, v. 189, p. 456-462, 2019. DOI: 10.1007/s12011-  
1558 018-1493-9

1559

1560 NRC. Nutrition Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised  
1561 edition. The National Academies of Sciences, Washington, DC, 2001.

1562

1563 NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient  
1564 Requirements of Beef Cattle. 8th revised edition. Washington, DC: National Academy  
1565 Press, 2016.

1566

- 1567 ROESER, H. P.; LEE, G. R.; NACHT, S.; CARTWRIGHT, G. E. The role of  
1568 ceruloplasmin in iron metabolism. **Journal of Clinical Investigation**, v. 49, p. 2408–  
1569 2417, 1970. DOI: 10.1172/JCI106460  
1570
- 1571 ROLAND, L.; DRILLICH, M.; IWERSEN, M. Hematology as a diagnostic tool in bovine  
1572 medicine. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 26, p. 592-598, 2014.  
1573 DOI: 10.1177/1040638714546490  
1574
- 1575 SHARMA, M. C.; JOSHI, C.; PATHAK, N. N.; KAUR, H. Copper status and enzyme,  
1576 hormone, vitamin and immune function in heifers. **Research in Veterinary Science**, v.  
1577 79, p. 113-123, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2004.11.015>  
1578
- 1579 SPEARS, J. W.; WEISS, W. P. Role of antioxidants and trace elements in health and  
1580 immunity of transition dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 176, p. 70–76, 2008.  
1581 <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.12.015>  
1582
- 1583 SUTTLE, N. F. **The mineral nutrition of livestock**. 4rd edition. CABI, 2010. 579 p.  
1584
- 1585 TEIXEIRA, A. G. V.; LIMA, F. S.; BICALHO, M. L. S.; KUSSLER, A.; LIMA, S. F.;  
1586 FELIPPE, M. J.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable trace mineral supplement  
1587 containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of  
1588 dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 1-11, 2014.  
1589 <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7625>  
1590

- 1591 VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate  
1592 methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy**  
1593 **Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)  
1594
- 1595 VEDOVATTO, M.; PEREIRA, C. S.; CORTADA NETO, I. M.; MORIEL, P.; MORAIS,  
1596 M. G.; FRANCO, G. L. Effect of a trace mineral injection at weaning on growth,  
1597 antioxidant enzymes activity and immune system in Nellore Calves. **Tropical Animal**  
1598 **Health and Production**, v. 52, p. 881-886, 2020a. DOI: 10.1007/s11250-019-02056-0  
1599
- 1600 VEDOVATTO, M.; CORTADA NETO, I. M.; PEREIRA, C. S.; BENTO, A. L. L.;  
1601 ROCHA, R. F. A. T; MORIEL, P.; FRANCO, G. L. Effect of the injection of trace  
1602 minerals on growth performance, health, antioxidant enzymes activity, and immune  
1603 system of newborn Boer kids. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 49, p. 1-10,  
1604 2020b. DOI: 10.37496/rbz4920190255  
1605
- 1606 YATOO, M. I.; SAXENA, A.; DEEPA, P. M.; HABEAB, B. P; DEVI, S.; JATAV, R.  
1607 S.; DIMRI, U. Role of trace elements in animals: a review. **Veterinary World**, v. 6, n.  
1608 12, p. 963-967, 2013. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2013.963-967>

1609 **Tabela 1.** Composição química das pastagens durante período experimental

Ítems <sup>1</sup>	Lote 1				Lote 2			
	d-14	d0	d28	d56	d-14	d0	d28	d56
MS (g/kg)	313,3	325,6	333,5	363,2	336,3	326,6	353,2	413,2
<i>g/kg de MS</i>								
PB	79,5	67,2	63,9	43,5	74,4	62,1	46,4	41,3
FDN	654,1	698,6	666,3	727,2	642,3	712,6	683,2	738,2
FDA	331,8	372,1	315,4	382,3	315,4	409,5	402,3	432,4
EE	11,3	13,6	13,1	13,3	13,1	12,9	12,1	12,9
MM	85,8	91,4	93,4	93,1	93,4	94,5	110,3	98,8
CNF	169,3	129,2	163,3	122,9	176,8	117,9	148,0	108,8
NDT	513,2	478,0	498,2	448,5	518,8	466,4	479,2	440,1

1610 <sup>1</sup>MS, matéria seca; PB, proteína bruta; FDN, fibra em detergente neutro; FDA, fibra em  
1611 detergente ácido; EE, extrato etéreo; CNF, carboidratos não fibrosos (100–(Cinzas + PB  
1612 + FDN + EE); NRC, 2001); MM, matéria mineral (cinzas); NDT, nutrientes digestíveis  
1613 totais (91,6086 – 0,669233 x FDN + 0,437932 x PB); Cappelle et al., 2001).

1614 **Tabela 2.** Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o eritrograma de bezerros  
 1615 mantidos em pastagens tropicais

Itens <sup>5</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>		Médias <sup>2</sup> Dia	EPM <sup>3</sup>	P-value <sup>4</sup>		
	SALINA	MMI			Trat	Dia	Trat × dia
Hemácias, ×10 <sup>6</sup> células/μL					0,1818	<0,0001	0,0836
d-14	11,74 <sup>Ba</sup>	11,82 <sup>Ba</sup>	-	0,09			
d-7	11,88 <sup>Ba</sup>	11,87 <sup>Ba</sup>	-	0,09			
d0	11,61 <sup>Bb</sup>	12,08 <sup>Ba</sup>	-	0,09			
d14	12,39 <sup>Aa</sup>	12,54 <sup>Aa</sup>	-	0,09			
VCM, fL	34,79 <sup>a</sup>	34,48 <sup>b</sup>		0,09	0,0208	<0,0001	0,7925
d-14	34,80	34,67	34,73 <sup>A</sup>	0,16			
d-7	34,85	34,54	34,69 <sup>A</sup>	0,16			
d0	34,42	33,98	34,20 <sup>B</sup>	0,16			
d14	35,09	34,74	34,91 <sup>A</sup>	0,16			
RDW-CV (%)					0,3317	<0,0001	0,9264
d-14	26,20	26,43	26,32 <sup>A</sup>	0,16			
d-7	25,91	26,01	25,96 <sup>B</sup>	0,16			
d0	25,81	25,86	25,83 <sup>B</sup>	0,16			
d14	24,89	25,10	24,99 <sup>C</sup>	0,16			
Hematócrito (%)					0,9600	<0,0001	0,1470
d-14	40,55	40,59	40,57 <sup>BC</sup>	0,30			
d-7	41,26	40,60	40,93 <sup>BC</sup>	0,30			
d0	39,87	40,62	40,25 <sup>C</sup>	0,30			
d14	43,57	43,35	43,46 <sup>A</sup>	0,30			
Hemoglobina, g/dL					0,5235	<0,0001	0,1348
d-14	12,84	12,81	12,82 <sup>B</sup>	0,09			
d-7	13,19	12,90	13,04 <sup>B</sup>	0,09			
d0	12,72	12,94	12,83 <sup>B</sup>	0,09			
d14	13,50	13,29	13,39 <sup>A</sup>	0,09			
HCM, pg	11,03 <sup>a</sup>	10,89 <sup>b</sup>		0,08	0,0884	0,0042	0,9700
d-14	11,12	10,99	11,06 <sup>A</sup>	0,09			
d-7	11,16	11,01	11,09 <sup>A</sup>	0,09			
d0	10,99	10,80	10,90 <sup>B</sup>	0,09			
d14	10,86	10,76	10,81 <sup>B</sup>	0,09			
CHCM, pg					0,4134	<0,0001	0,9860
d-14	31,85	31,69	31,77 <sup>A</sup>	0,11			
d-7	32,01	31,88	31,95 <sup>A</sup>	0,11			
d0	32,01	31,86	31,93 <sup>A</sup>	0,11			
d14	30,90	30,84	30,87 <sup>B</sup>	0,11			
Plaquetas, ×10 <sup>3</sup> células/μL					0,4952	0,0015	0,0004
d-14	456,56 <sup>Ba</sup>	522,71 <sup>Ba</sup>	-	30,82			
d-7	535,84 <sup>Ab</sup>	670,43 <sup>Aa</sup>	-	30,82			
d0	553,34 <sup>Aa</sup>	520,70 <sup>Ba</sup>	-	30,82			
d14	596,53 <sup>Aa</sup>	497,84 <sup>Bb</sup>	-	30,82			

1616 <sup>1</sup>Tratamentos: SALINA, injeção de solução salina 0,9 % de NaCl (1 mL/45 kg de PC),  
1617 MMI, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC; Multimin 90, Multimin, Fort Collins,  
1618 CO, USA).

1619 <sup>2</sup>São apresentadas médias por dia quando o *P*-value para dia é < 0,05 e Trat × dia > 0,05.

1620 <sup>3</sup>Erro padrão da média.

1621 <sup>4</sup>Trat, efeito de tratamento; Dia, efeito de dia; Trat × dia, interação entre tratamento e dia.

1622 <sup>5</sup>VCM, volume corpuscular médio, HCM, hemoglobina corpuscular média, CHCM,  
1623 concentração de hemoglobina corpuscular média, RDW-CV, amplitude de distribuição  
1624 do volume corpuscular (expresso como coeficiente de variação).

1625 **Tabela 3.** Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o leucograma de bezerros  
 1626 mantidos em pastagens tropicais

Itens	Tratamentos <sup>1</sup>		Média <sup>2</sup> dia	EPM <sup>3</sup>	P-value <sup>4</sup>		
	SALINA	MMI			Trat	Dia	Trat × dia
Leucócitos, ×10 <sup>3</sup> células/μL					0,4439	<0,0001	0,3005
d-14	15,39	15,62	15,78 <sup>A</sup>	0,38			
d-7	14,72	14,33	14,76 <sup>B</sup>	0,38			
d0	15,25	15,98	15,82 <sup>A</sup>	0,38			
d14	12,25	12,70	12,51 <sup>C</sup>	0,38			
Neutrófilos, ×10 <sup>3</sup> células/μL	4,11	4,34	-	0,19	0,2333	0,1501	0,8836
Linfócitos, ×10 <sup>3</sup> células/μL					0,8394	<0,0001	0,2287
d-14	10,50	10,89	10,70 <sup>A</sup>	0,26			
d-7	10,08	9,70	9,90 <sup>B</sup>	0,26			
d0	10,35	10,78	10,57 <sup>A</sup>	0,26			
d14	8,37	7,75	8,06 <sup>C</sup>	0,26			
Monócitos, ×10 <sup>3</sup> células/μL					0,6662	<0,0001	0,9384
d-14	0,00	0,00	0,00 <sup>B</sup>	0,02			
d-7	0,04	0,04	0,04 <sup>B</sup>	0,02			
d0	0,13	0,13	0,13 <sup>A</sup>	0,02			
d14	0,02	0,05	0,04 <sup>B</sup>	0,02			
Eosinófilos, ×10 <sup>3</sup> células/μL					0,6777	<0,0001	0,7530
d-14	0,34	0,39	0,37 <sup>A</sup>	0,03			
d-7	0,12	0,07	0,09 <sup>B</sup>	0,03			
d0	0,32	0,35	0,34 <sup>A</sup>	0,03			
d14	0,20	0,23	0,21 <sup>B</sup>	0,03			

1627 <sup>1</sup>Tratamentos: SALINA, injeção de solução salina 0,9 % de NaCl (1 mL/45 kg de PC),  
 1628 MMI, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC; Multimin 90, Multimin, Fort Collins,  
 1629 CO, USA).

1630 <sup>2</sup>São apresentadas médias por dia quando o P-value para Dia é < 0,05 e Trat × dia > 0,05.

1631 <sup>3</sup>Erro padrão da média.

1632 <sup>4</sup>Trat, efeito de tratamento; Dia, efeito de dia; Trat × dia, interação entre tratamento e dia.

- 1633 **CAPÍTULO 3 – MICROMINERAIS INJETÁVEIS NO PERÍODO PRÉ-**  
1634 **DESMAME SOBRE O DESEMPENHO E RESISTÊNCIA PARASITÁRIA DE**  
1635 **BEZERROS NELORE EM PASTAGENS TROPICAIS**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as exigências para publicação no periódico *Livestock Science* excetuando-se o idioma.

1636 *Running Head: microminerais injetáveis e desempenho*

1637

1638 **Microminerais injetáveis no período pré-desmame sobre o desempenho e**  
1639 **resistência parasitária de bezerros nelore em pastagens tropicais**

1640 Anderson Luiz de Lucca Bento<sup>a</sup>, Gumercindo Lorian Franco<sup>a\*</sup>

1641

1642 <sup>a</sup>Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso  
1643 do Sul, Av. Senador Filinto Muller, nº. 2443, Campo Grande/MS, Brazil, 79070-900.

1644 \*Autor para correspondência: [gumercindo.franco@ufms.br](mailto:gumercindo.franco@ufms.br)

1645 **Resumo**

1646

1647 Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de microminerais injetáveis (MMI) 14 dias  
1648 antecedendo ao desmame sobre o desempenho e carga parasitária em bezerros Nelore  
1649 mantidos em pastos de clima tropical. No experimento 1 foram utilizados 64 bezerros em  
1650 fase de desmame, sendo 32 machos e 32 fêmeas (aproximadamente 7 meses de idade)  
1651 distribuídos em dois lotes experimentais em função da época de nascimento. As fêmeas  
1652 apresentaram PC médio inicial de  $163 \pm 19$  kg e os machos  $181 \pm 23$  kg. No experimento 2  
1653 foram utilizados 56 bezerros com média de idade de 8 meses, sendo 24 machos (PC médio  
1654 inicial de  $202 \pm 34$  kg) e 32 fêmeas ( $206 \pm 38$  kg). Ambos os estudos tiveram duração de  
1655 70 dias por lote, compreendendo o período de 14 dias anteriores ao desmame (d-14) a 56  
1656 dias após o desmame (d56). Os animais foram divididos pelo PC e sexo em dois  
1657 tratamentos: **SALINA**, injeção de solução salina contendo 0,9 % de NaCl (1 mL/45 kg  
1658 de PC) e **MMI**, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC) contendo Cu, Mn, Se e Zn  
1659 na composição. Os MMI apresentavam 15 mg de Cu/mL, 10 mg de Mn/mL, 5 mg de  
1660 Se/mL e 60 mg de Zn/mL. Os animais foram manejados sempre em lote único e  
1661 alternados em diferentes piquetes de *Urochloa decumbens* e *Urochloa brizantha* cv.  
1662 Marandu, com acesso a água e suplementação mineral (experimento 1) e suplemento  
1663 proteinado (experimento 2). No experimento 1, a aplicação de MMI não influenciou o PC  
1664 ( $P = 0,7298$ ) e o GMD dos animais ( $P = 0,3908$ ), não havendo interação tratamento x dia  
1665 ( $P > 0,4893$ ) na avaliação do PC. Foi observado efeito de dia para o PC dos animais ao  
1666 longo da avaliação ( $P < 0,0001$ ). No experimento 2 também não foram observados efeito  
1667 da aplicação de MMI sobre o PC ( $P = 0,6762$ ) e GMD dos animais ( $P = 0,5343$ ), assim  
1668 como não houve interação tratamento x dia na avaliação do PC ( $P = 0,5985$ ). A aplicação  
1669 de MMI também não influenciou ( $P = 0,6601$ ) a contagem de ovos nas fezes (OPG) entre

1670 o início e o final do experimento. A aplicação de MMI em bezerros Nelore mantidos em  
1671 pastagens tropicais 14 dias pré-desmame não influenciou o GMD e a carga parasitária  
1672 dos animais. Apesar do maior aporte de microminerais proporcionado pelo MMI, as  
1673 limitações de macronutrientes (principalmente PB) reduziram o desempenho e limitaram  
1674 os possíveis efeitos do MMI sobre o desempenho produtivo.

1675 **Palavras-chave:** *bos indicus*; endoparasitas; minerais traços; OPG

## 1676 **1. Introdução**

1677           Nos sistemas de produção de bovinos em pastejo, a produtividade animal é  
1678 diretamente dependente da disponibilidade e valor nutricional das forrageiras, que podem  
1679 variar amplamente em função das características do solo, clima, cultivar, entre outros  
1680 fatores. Ruminantes em pastejo estão frequentemente sujeitos a ocorrência de deficiências  
1681 e desequilíbrios nutricionais, que são em geral, corrigidas por meio de programas de  
1682 suplementação, que visam complementar os elementos deficientes na dieta.

1683           A suplementação por meio de misturas minerais em pó é a técnica mais comumente  
1684 utilizada para a suplementação mineral de bovinos mantidos em pastagens. Contudo, o  
1685 atendimento dos requerimentos nutricionais de bovinos em pastejo é uma tarefa  
1686 complicada devido a diversos fatores como a presença de elementos antagonistas na  
1687 forragem e água de bebida, e dificuldades na garantia de um consumo regular e previsível  
1688 de suplemento mineral, havendo grande variação na ingestão destes suplementos entre os  
1689 indivíduos de um rebanho, anos, estações do ano e períodos de estresse (Manzano et al.,  
1690 2012; Ranches et al., 2021). Assim, a inclusão dos microminerais na dieta pode não  
1691 assegurar seu consumo e absorção pelo animal (Machado et al., 2013).

1692           Nesse cenário, o período do desmame é um momento que proporciona alterações  
1693 comportamentais e aumento da demanda da função imune (Lynch et al., 2012), resultando  
1694 frequentemente em mudanças fisiológicas, no status nutricional e imunológico (Ranches  
1695 et al., 2021), podendo, conseqüentemente, demandar uma maior quantidade de  
1696 microminerais chave para auxiliar nesse processo.

1697           O fornecimento de microminerais via injetável (MMI) associado a esse período  
1698 pode ser uma forma efetiva para complementar a suplementação oral e contornar  
1699 possíveis flutuações de consumo, fornecendo uma quantidade conhecida de  
1700 microminerais a todos os animais do rebanho (Arthington et al., 2014).

1701 A aplicação de MMI apresentou efeitos positivos quando fornecidos a bezerros no  
1702 momento do desmame, proporcionando aumentos na concentração destes elementos no  
1703 fígado dos animais suplementados (Arthington et al., 2014; Palomares et al., 2016),  
1704 melhoria de componentes do sistema imunológico e atividade antioxidante (Teixeira et  
1705 al., 2014; Arthington e Havenga, 2012; Tomasi et al., 2018), e melhoria na saúde dos  
1706 animais (Teixeira et al., 2014; Bittar et al., 2020), que por sua vez podem acarretar em  
1707 melhor desempenho produtivo dos animais.

1708 Nossa hipótese é que a utilização de MMI 14 dias antecedendo ao desmame possa  
1709 auxiliar na manutenção dos níveis hepáticos de microminerais chave associadas a  
1710 flutuações de consumo, se refletindo em incrementos na saúde, resistência parasitária e  
1711 desempenho dos animais suplementados.

1712 O objetivo com este estudo foi avaliar o efeito da aplicação de MMI antecedendo  
1713 ao desmame sobre o ganho de peso e a resistência a endoparasitas de bezerros Nelore  
1714 manejados em pastagens tropicais.

1715

## 1716 **2. Material e Métodos**

1717 Os experimentos a seguir foram aprovados pela Comissão de ética no uso de  
1718 animais (CEUA) da UFMS sob o protocolo nº 754/2016, e seguiram os padrões éticos  
1719 demandados pela pesquisa com animais, sendo conduzidos entre os dias 24 de abril e 21  
1720 de agosto de 2017 (experimento 1) e entre 21 de maio e 30 de julho de 2019 (experimento  
1721 2), na Fazenda Escola da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia pertencente à  
1722 UFMS, localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil, nas coordenadas  
1723 20°26'50,8"S, 54°50'21,5"O.

1724

1725 *2.1 Animais, tratamentos e coletas de amostras*

1726 **Experimento 1**

1727 Foram utilizados 64 bezerros Nelore em fase de desmame, subdivididos em dois  
1728 grupos experimentais, separados pela época de nascimento dos animais. O grupo 1 foi  
1729 formado por 18 machos e 14 fêmeas, nascidos entre 14 de setembro e 27 de outubro de  
1730 2017 e média de idade ao desmame de  $208 \pm 13,3$  dias, enquanto o grupo 2 continha 14  
1731 machos e 18 fêmeas nascidos entre 30 de outubro de 2017 e 11 de janeiro de 2018 e média  
1732 de idade ao desmame de  $207 \pm 21,4$  dias.

1733 Cada grupo apresentou um período de avaliação de 70 dias, compreendendo o  
1734 período de 14 dias anteriores ao desmame (d-14) a 56 dias após o desmame (d56). As  
1735 fêmeas apresentaram PC médio inicial de  $166 \pm 21$  kg (grupo 1) e  $160 \pm 19$  kg (grupo 2) e  
1736 os machos  $183 \pm 16$  kg (grupo 1) e  $172 \pm 23$  kg (grupo 2). Cada animal possuía uma  
1737 identificação individual por meio de brinco auricular.

1738 O período experimental teve duração de 70 dias, compreendendo o período de 14  
1739 dias anteriores ao desmame (d-14) a 56 dias após o desmame (d56). No d0 (desmame),  
1740 os animais foram vacinados contra febre aftosa (2 mL; Bovicel<sup>®</sup>, Valée S.A.) e  
1741 clostridioses (5 mL; Excell 10<sup>®</sup>, Vencofarma), receberam Ivermectina 1% (Ivomec<sup>®</sup>,  
1742 Merial) e foram identificados numericamente na perna direita por meio de ferro candente.  
1743 Após o desmame, os animais foram alternados em diferentes piquetes de *Urochloa*  
1744 *decumbens* e *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com acesso a água e suplementação  
1745 mineral, sendo a qualidade das forrageiras avaliada através de colheitas manuais,  
1746 simulando o pastejo, em quatro momentos (d-14, d0, d28 e d56) para cada bloco.

1747 No início do período experimental (d-14), os animais foram pesados e classificados  
1748 em função do sexo e PC, sendo distribuídos de forma homogênea em função do PC em  
1749 dois tratamentos que foram aplicados via subcutânea na tábua do pescoço: injeção de

1750 solução salina (SALINA; 0.9 % NaCl; 1 mL/45 kg de PC) e microminerais injetáveis  
1751 (MMI; 1 mL/45kg de PC). A solução mineral injetável possuía 15 mg de Cu/mL, 10 mg  
1752 de Mn/mL, 5 mg de Se/mL e 60 mg de Zn/mL (Multimin 90, Multimin, Fort Collins, CO,  
1753 USA).

## 1754 **Experimento 2**

1755 Para a realização do estudo foram utilizados 56 bezerros Nelore em fase de  
1756 desmame, com aproximadamente  $8 \pm 1$  meses de idade, sendo 24 machos (PC médio  
1757 inicial de  $202 \pm 34$  kg) e 32 fêmeas ( $206 \pm 38$  kg). Assim como no experimento 1, o  
1758 período experimental teve a duração de 70 dias, compreendendo o período de 14 dias  
1759 anteriores ao desmame (d-14) a 56 dias após o desmame (d56), sendo distribuídos nos  
1760 mesmos tratamentos experimentais do experimento 1 em (SALINA; 0.9 % NaCl; 1  
1761 mL/45 kg de PC) e microminerais injetáveis (MMI; 1 mL/45kg de PC) em função do sexo  
1762 e PC.

1763 Após a distribuição dos animais e aplicação dos tratamentos experimentais, os  
1764 bezerros foram mantidos em um piquete único formado com capim-marandú [*Urochloa*  
1765 *brizantha* (Hochst. ex A. Rich) R. D. Webster, cv. Marandu] com suas mães, que  
1766 possuíam livre acesso a água e suplementos minerais.

1767 No dia do desmame (d0), os bezerros foram vacinados contra contra febre  
1768 aftosa (2 mL; Bovicel<sup>®</sup>, Valée S.A.) e clostridioses (5 mL; Excell 10<sup>®</sup>, Vencofarma), não  
1769 sendo vermifugados e foram identificados numericamente na perna direita por meio de  
1770 marcação a ferro candente. Após os procedimentos, estes foram separados de suas mães  
1771 e direcionados a um piquete anexo ao curral, sendo manejados em lote único até o final  
1772 do experimento em dois piquetes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, com acesso a água  
1773 e suplementação proteinada (1 g/kg de PC).

1774 Assim como no experimento 1, a composição química das forrageiras foi avaliada

1775 através simulação de pastejo por meio de colheitas manuais. Essas amostragens foram  
1776 realizadas no início do experimento (d-14), no dia do desmame (d0), 28 e 56 dias após o  
1777 desmame (d28 e d56, respectivamente). As amostras em ambos os experimentos foram  
1778 secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas dias e moídas em peneira de 1  
1779 mm, para posterior análise de sua composição química.

1780 Os animais foram pesados sempre no período da manhã, sem jejum de sólidos ou  
1781 hídrico, nos dias -14, 0, 28 e 56 do período experimental. Amostras de fezes foram  
1782 coletadas diretamente da ampola retal de todos os animais nos dias -14 (antecedendo a  
1783 aplicação dos tratamentos experimentais) e no d56 (final do período experimental),  
1784 armazenadas em sacos plásticos estéreis e mantidas refrigeradas até a realização de  
1785 contagens de OPG pela técnica de Gordon & Whitlock – modificada (Hoffmann, 1987).

1786

## 1787 *2.2 Análises laboratoriais*

1788 A avaliação da composição química da forrageira foi realizada segundo as  
1789 metodologias do AOAC (2000) para determinação dos teores de matéria seca (MS;  
1790 método 930,15), proteína bruta (PB; método 976,05), extrato etéreo (EE; método 920,39)  
1791 e matéria mineral (MM; método 942,05), e seguindo as metodologias de Van Soest et al.  
1792 (1991) para determinação dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em  
1793 detergente ácido (FDA). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo  
1794 com o NRC (2001) como:  $CNF (\%) = 100 - (\% FDN + \% PB + \% EE + \% MM)$ . O teor  
1795 de nutrientes digestíveis totais foi estimado com base nos teores de FDN e PB das  
1796 amostras de acordo com a equação  $NDT = 91,6086 - 0,669233 \times FDN + 0,437932 \times PB$ ,  
1797 (Cappelle et al., 2001). A composição bromatológica das pastagens é demonstrada na  
1798 Tabela 1.

### 1799 2.3 Análises estatísticas

1800 Os dados foram analisados como delineamento inteiramente casualizado e foi  
1801 utilizado o procedimento MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA, versão 9,4)  
1802 com a aproximação Satterthwaite para determinar os graus de liberdade do denominador  
1803 para efeitos fixos. O modelo estatístico para as variáveis de desempenho (GMD e peso  
1804 corporal) continham como efeito fixo o tratamento e, como variável aleatória, animal  
1805 (tratamento), sexo e lote (apenas no experimento 1).

1806 Os dados de OPG foram analisados depois de submetidos à distribuição normal por  
1807 meio de transformação logarítmica ( $\text{Log}_{10}(\text{OPG} + 1)$ ). O modelo estatístico para a  
1808 contagem de OPG considera os efeitos fixos de tratamento, dia e a interação resultante  
1809 destes efeitos, e animal (tratamento) e sexo como variáveis aleatórias. Estas variáveis  
1810 foram analisadas como medidas repetidas no tempo, usando dia como termo específico e  
1811 animal (tratamento) como sujeito. Para estas, os resultados do d-14 (início do período  
1812 experimental) foram incluídos como covariáveis em cada análise. Foi escolhida a  
1813 estrutura de covariância que melhor se ajuste aos dados de cada variável, tomando como  
1814 base o menor critério de informação de Akaike.

1815 A função PDIFF foi utilizada quando detectada significância no teste-F e todos os  
1816 resultados são reportados como LSMEANS seguidos por erro padrão da média (EPM). A  
1817 significância foi definida quando  $P \leq 0,05$ . Foram consideradas tendências valores com  $P$   
1818  $> 0,05$  e  $\leq 0,10$ .

1819

### 1820 3.0 Resultados

1821 No experimento 1, a aplicação de MMI não influenciou o PC ( $P = 0,7298$ ) e o GMD  
1822 dos animais ( $P = 0,3908$ ), não havendo interação tratamento x dia ( $P = 0,4893$ ) na  
1823 avaliação do PC (Tabela 2). Foi observado efeito de dia para o PC dos animais ao longo

1824 da avaliação ( $P < 0,0001$ ), com aumento do PC dos animais do início da avaliação até o  
1825 desmame, após o qual foi observada perda de PC até 28 dias após o desmame e  
1826 recuperação e aumento do PC dos 28 aos 56 dias pós desmame.

1827 No experimento 2 também não foram observados efeito da aplicação de MMI sobre  
1828 o PC ( $P = 0,6762$ ) e GMD dos animais ( $P = 0,5343$ ), assim como não houve interação  
1829 tratamento x dia na avaliação do PC ( $P = 0,5985$ ; Tabela 3). Foi observado efeito de dia  
1830 ( $P < 0,0001$ ) para o PC dos animais ao longo da avaliação, onde, houve aumento do PC  
1831 do d-14 ao d0 (desmame). Não houve alteração do PC do desmame até 28 dias após o  
1832 desmame (d28), que voltou a aumentar 56 dias após o desmame em ambos os tratamentos  
1833 (Tabela 3). A aplicação de MMI também não influenciou ( $P = 0,2014$ ) a contagem de  
1834 ovos nas fezes (OPG) dos animais no experimento.

1835

#### 1836 **4.0 Discussão**

1837 No experimento 1, os bezerros de ambos os tratamentos experimentais  
1838 apresentaram pesos semelhantes ao início das avaliações, não sendo observado efeito da  
1839 aplicação de MMI sobre o PC e GMD ao longo do período de avaliação.

1840 Os MMI tem apresentado efeitos positivos sobre a melhora no sistema imunológico  
1841 e controle do estresse oxidativo quando fornecidos a bezerros nas fases de pré e pós-  
1842 desmame. A aplicação de Cu e Zn em intervalos de 40 dias a partir dos 3 meses de idade  
1843 proporcionou uma maior titulação de anticorpos comparativamente a animais não  
1844 suplementados após a vacinação 40 e 80 dias após a primeira aplicação (Mattioli et al.,  
1845 2019).

1846 Bittar et al. (2020) também observaram maiores titulações de anticorpos, melhor  
1847 status sanitário e resposta imune humoral aumentada em bezerros suplementados com  
1848 MMI e submetidos a um desafio com antígenos virais 5 dias após a vacinação.

1849 Uma única aplicação de MMI (15 mg de Cu/mL, 10 mg de Mn/mL, 5 mg de Se/mL  
1850 e 60 mg de Zn/mL) no momento do desmame proporcionou incrementos na concentração  
1851 de neutrófilos e plaquetas (21 dias após injeção), linfócitos e leucócitos (64 dias após  
1852 injeção), associados a níveis aumentados de superóxido dismutase (7 dias após injeção)  
1853 e glutaciona peroxidase (7 a 21 dias após injeção) (Vedovatto et al., 2020).

1854 A aplicação de MMI 3 e 30 dias após o nascimento proporcionou uma maior  
1855 atividade fagocítica dos neutrófilos comparativamente ao grupo controle, em associação  
1856 a maiores concentrações da enzima glutaciona peroxidase com 14 dias (Teixeira et al.,  
1857 2014).

1858 Os bezerros foram desmamados nos meses de maio e junho, período no qual são  
1859 observados baixos valores nutricionais nas pastagens da região, que usualmente possuem  
1860 elevados teores de FDN e FDA, e baixos teores de PB, podendo levar limitações no  
1861 consumo de MS e digestibilidade da forragem pelos animais (Lazzarini et al., 2009). Os  
1862 bezerros apresentaram um baixo GMD (0,292 kg/dia) do início da avaliação (d-14) ao  
1863 momento do desmame (d0), refletindo a baixa qualidade da forragem disponível.

1864 Após o desmame foram observados os piores GMD, perda de 0,083 kg/dia até 28  
1865 dias pós desmame (d28). O desmame é um momento estressante para o bezerro e acarreta  
1866 alterações comportamentais, na concentração de mediadores hormonais de estresse e na  
1867 função imune (Lynch et al., 2012). Bezerros recém desmamados apresentam redução na  
1868 ocorrência de brincadeiras entre os membros do lote, aumento na frequência de  
1869 vocalização e caminhadas e redução na frequência de pastejo, frequentemente resultando  
1870 em GMD baixos ou negativos nesse período (Enríquez et al., 2010). Os GMD negativos  
1871 observados entre o d0 e d28 estão possivelmente associados a esses fatores, bem como ao  
1872 baixo valor nutricional da forragem disponível.

1873           Entre d28 e d56 os bezerros voltaram a apresentar GMD positivos, com média de  
1874 0,135 kg/dia até o final da avaliação. Os GMD apresentados pelos animais durante todo  
1875 o período de avaliação (d-14 a d56) ficaram abaixo de 0,100 kg/dia, ressaltando as  
1876 limitações nutricionais e o efeito do estresse do desmame nas condições do estudo.

1877           No experimento 1, os bezerros tiveram acesso apenas a suplementação mineral  
1878 durante todo o período de avaliação. Assim, possivelmente a baixa qualidade da forragem,  
1879 associada a ausência de suplementação proteica/energética fez com que fosse observado  
1880 um baixo desempenho dos bezerros durante todo o estudo. Nessas condições, apesar do  
1881 maior aporte de microminerais proporcionado pelos MMI, a elevada restrição de  
1882 macronutrientes (proteína e energia) sobrepujou os efeitos positivos dos MMI, limitando  
1883 o desempenho dos animais.

1884           No experimento 2 os bezerros foram desmamados com uma idade mais avançada  
1885 (8 meses), apresentando maior PC e maiores GMD na fase inicial da avaliação, todavia,  
1886 também não foi observado efeito da aplicação de MMI sobre o GMD dos bezerros ( $P =$   
1887 0,5343).

1888           A partir do momento do desmame, os bezerros tiveram livre acesso a um  
1889 suplemento proteinado (45% de PB e 40% de NDT, consumo esperado 1 g/kg de PC).  
1890 Foram observados nessa fase GMD médios de 0,044 kg/dia e 0,069 kg/dia, do d0 ao d28  
1891 e do d28 ao d56, respectivamente, sendo suficiente para proporcionar apenas um pequeno  
1892 ganho de peso do desmame até o d56.

1893           Apesar da oferta de suplementação proteica aos bezerros no período pós desmame,  
1894 estes apresentaram um baixo consumo do produto (avaliação visual), acarretando em uma  
1895 baixa resposta dos animais a suplementação durante o período avaliado, não sendo esta  
1896 suplementação suficiente para compensar os baixos níveis de PB da forragem e assim  
1897 possibilitar maiores GMD e possivelmente uma melhor resposta a suplementação MMI.

1898 Vedovatto et al. (2020) também não observaram efeito de uma aplicação única de MMI  
1899 sobre o GMD em bezerros de corte no dia do desmame mantidos em condições  
1900 semelhantes a do presente estudo.

1901 Mattioli et al. (2019) observaram maiores GMD em animais que receberam  
1902 aplicações consecutivas de Cu e Zn entre 3 e 7 meses de idade, observando desempenhos  
1903 entre 0,400 e 0,800 kg/dia ao longo da avaliação.

1904 A aplicação de MMI 14 dias pré-desmame também não influenciou os valores de  
1905 OPG dos bezerros no experimento 2 ( $P = 0,2014$ ), que mantiveram níveis parasitários  
1906 moderados ao longo da avaliação. Uma série de fatores interfere no desenvolvimento da  
1907 imunidade contra endoparasitas, incluindo a constituição genética do indivíduo, sexo,  
1908 idade e status nutricional. A resposta imune do hospedeiro regula o estabelecimento,  
1909 desenvolvimento, fecundidade e sobrevivência dos parasitas (Charlier et al., 2020).

1910 Em geral, a resposta imune contra parasitas gastrointestinais desencadeada em  
1911 ruminantes é caracterizada por uma elevada liberação de linfócitos nos linfonodos  
1912 próximos, infiltração de eosinófilos e mastócitos nas mucosas, associados a elevação nos  
1913 níveis de imunoglobulinas (Charlier et al., 2017).

1914 Nesse sentido, uma possível ação antioxidante associada a aplicação de MMI sobre  
1915 os leucócitos poderia auxiliar na melhoria da resposta imune do hospedeiro, auxiliando  
1916 na manutenção de níveis parasitários reduzidos, garantindo um melhor status sanitário e  
1917 consequentemente na obtenção de melhores desempenhos produtivos.

1918 Conforme observado no leucograma dos animais do experimento 1 (descritos no  
1919 artigo 1), a aplicação de MMI não influenciou a concentração de leucócitos. Novamente,  
1920 a maior limitação proporcionada pelas deficiências de macronutrientes pode ter limitado  
1921 a resposta dos animais aos MMI.

1922

## 1923 **5.0 Conclusão**

1924 A aplicação de MMI em bezerros Nelore mantidos em pastagens tropicais 14 dias  
1925 pré-desmame não influenciou o GMD e a carga parasitária dos animais. Apesar do maior  
1926 aporte de microminerais proporcionado pelo MMI, as limitações de macronutrientes  
1927 (principalmente PB) reduziram o desempenho e limitaram os possíveis efeitos do MMI  
1928 sobre o desempenho produtivo.

1929

## 1930 **Conflito de interesse**

1931 Os autores declaram não haver conflito de interesse.

1932

## 1933 **Agradecimentos**

1934 Nós gostaríamos de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de  
1935 Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos fornecida ao primeiro autor, à Fundação  
1936 de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato  
1937 Grosso do Sul (FUNDECT; 116/2016) por patrocinar o estudo, à empresa Multimin (Fort  
1938 Collins, CO, USA,) pela doação do MMI.

1939

## 1940 **Referências**

1941 AOAC, 2000. Official methods of analysis, 17th ed. Association of Official Analytical  
1942 Chemists, Gaithersburg, MD.

1943

1944 ARTHINGTON, J. D.; HAVENGA, L. J. Effect of injectable trace minerals on the  
1945 humoral immune response to multivalent vaccine administration in beef calves. **Journal**  
1946 **of Animal Science**, v. 90, p. 1966–1971, 2012. DOI: 10.2527/jas2011-4024

1947

- 1948 ARTHINGTON, J. D.; MORIEL, P.; MARTINS, P. G. M. A.; LAMB, G. C.;
- 1949 HAVENGA, L. J. Effects of trace mineral injections on measures of performance and
- 1950 trace mineral status of pre- and postweaned beef calves. **Journal of Animal Science**, v.
- 1951 92, p. 2630-2640, 2014. DOI: 10.2527/jas2013-7164
- 1952
- 1953 BITTAR, J. H. J.; PALOMARES, R. A.; HURLEY, D. J.; HOYOS-JARAMILLO, A.;
- 1954 RODRIGUEZ, A.; STOSKUTE, A.; HAMRICK, B.; NORTON, N.; ADKINS, M.;
- 1955 SALIKI, J. T.; SANCHEZ, S.; LAUBER, K. Immune response and onset of protection
- 1956 from Bovine viral diarrhea virus 2 infection induced by modified-live virus vaccination
- 1957 concurrent with injectable trace minerals administration in newly received beef calves.
- 1958 **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 225, 2020.
- 1959 <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2020.110055>
- 1960
- 1961 CAPPELLE, E. R.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C.; CECON, P. R.
- 1962 Estimates of the Energy Value from Chemical Characteristics of the Feedstuffs. **Brazilian**
- 1963 **Journal of Animal Science**, v. 30, p. 1837-11856, 2001.
- 1964 <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>
- 1965
- 1966 CHARLIER, J.; HOGLUND, J.; MORGAN, E. R.; GELDHOF, P.; VERCRUYSSSE, J.;
- 1967 CLAEREBOU, E. Biology and Epidemiology of Gastrointestinal Nematodes in Cattle.
- 1968 **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 36, p. 1-15, 2020.
- 1969 <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.11.001>
- 1970
- 1971 CHARLIER, J.; THAMSBORG, S. M.; BARTLEY, D. J.; SKUCE, P. J.; KENYON, F.;
- 1972 GEURDEN, T.; HOSTE, H.; WILLIAMS, A. R.; SOTIRAKI, S.; HOGLUND, J.;

- 1973 CHARTIER, C.; GELDHOF, P.; DIJK, J. V.; RINALDI, L.; MORGAN, E. R.;
- 1974 SAMSOM-HIMMELSTJERNA, G. V.; VERCRUYSSSE, J.; CLAEREBOUT, E. Mind
- 1975 the gaps in research on the control of gastrointestinal nematodes of farmed ruminants and
- 1976 pigs. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 65, p. 1-18, 2017. DOI:
- 1977 10.1111/tbed.12707
- 1978
- 1979 ENRÍQUEZ, D. H.; UNGERFELD, R.; QUINTANS, G.; GUIDONI, A. L.; HOTZEL,
- 1980 M. J. The effects of alternative weaning methods on behaviour in beef calves. **Livestock**
- 1981 **Science**, v. 128, p. 20-27, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.10.007>
- 1982
- 1983 HOFFMANN, R. P. **Diagnóstico de parasitismo veterinário**. Porto Alegre: Sulina,
- 1984 1987. 156p.
- 1985
- 1986 LAZZARINI, I.; DETMANN, E.; SAMPAIO, C. B.; PAULINO, M. F.; VALADARES
- 1987 FILHO, S. C.; SOUZA, M. A.; OLIVEIRA, F. A. Intake and digestibility in cattle fed
- 1988 low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. **Brazilian**
- 1989 **Journal of Animal Science**, v. 38, p. 2021-2030, 2009. [https://doi.org/10.1590/S1516-](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024)
- 1990 [35982009001000024](https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001000024)
- 1991
- 1992 LYNCH, E. M.; McGEE, M.; DOYLE, S.; EARLEY, B. Effect of pre-weaning
- 1993 concentrate supplementation on peripheral distribution of leukocytes, functional activity
- 1994 of neutrophils, acute phase protein and behavioural responses of abruptly weaned and
- 1995 housed beef calves. **BMC Veterinary Research**, v. 8, p. 1–11, 2012. DOI:
- 1996 10.1186/1746-6148-8-1
- 1997

- 1998 MACHADO, V. S.; BICALHO, M. L. S.; PEREIRA, R. V.; CAIXETA, L. S.; KNAUER,  
1999 W. A.; OIKONOMOU, G.; GILBERT, R. O.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable  
2000 trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health  
2001 and, production <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2013.02.022> of lactating Holstein cows.  
2002 **The Veterinary Journal**, v. 197, p. 451-456, 2013.  
2003  
2004 MANZANO, R. P.; PATERSON, J.; HARBAC, M. M.; LIMA FILHO, R. O. The effect  
2005 of season on supplemental mineral intake and behavior by grazing steers. **The**  
2006 **Professional Animal Scientist**, v. 28, p. 73–81, 2012. <https://doi.org/10.15232/S1080->  
2007 [7446\(15\)30317-X](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30317-X)  
2008  
2009 MATTIOLI, G. A.; ROSA, D. E.; TURIC, E.; TESTA, J. A.; LIZARRAGA, R. M.;  
2010 FAZZIO, L. E. Effect of Injectable Copper and Zinc Supplementation on Weight,  
2011 Hematological Parameters, and Immune Response in Pre-weaning Beef Calves.  
2012 **Biological Trace Element Research**, v. 189, p. 456-462, 2019. DOI: 10.1007/s12011-  
2013 018-1493-9  
2014  
2015 NRC. Nutrition Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised  
2016 edition. The National Academies of Sciences, Washington, DC, 2001.  
2017  
2018 PALOMARES, R. A.; HURLEY, D. J.; BITTAR, J. H. J.; SALIKI, J. T.; WOOLUMS,  
2019 A. R.; MOLIERE, F.; HAVENGA, L. J.; NORTON, N. A.; CLIFTON, S. J.; SIGMUND,  
2020 A. B.; BARBER, C. E.; BERGER, M. L.; CLARK, M. J. Effects of injectable trace  
2021 minerals on humoral and cell-mediated immune responses to Bovine viral diarrhea virus,  
2022 Bovine herpes virus 1 and Bovine respiratory syncytial virus following administration of

- 2023 a modified-live virus vaccine in dairy calves. **Veterinary Immunology and**  
2024 **Immunopathology**, v. 178, p. 88-98, 2016.  
2025 <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2016.07.003>  
2026
- 2027 RANCHES, J.; DE OLIVEIRA, R. A.; VEDOVATTO, M.; PALMER, E. A.; MORIEL,  
2028 P.; SILVA, L. D.; ZYLBERLICHT, G.; DROUILLARD, J. S.; ARTHINGTON, J. D.  
2029 Low moisture, cooked molasses blocks: A limited intake method for supplementing trace  
2030 minerals to pre-weaned calves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 273, p. 1-12,  
2031 2021. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114793>  
2032
- 2033 TEIXEIRA, A. G. V.; LIMA, F. S.; BICALHO, M. L. S.; KUSSLER, A.; LIMA, S. F.;  
2034 FELIPPE, M. J.; BICALHO, R. C. Effect of an injectable trace mineral supplement  
2035 containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of  
2036 dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 1-11, 2014.  
2037
- 2038 TOMASI, T.; VOLPATO, A.; PEREIRA, W. A. B.; DEBASTIANI, L. H.; BOTTARI,  
2039 N. B.; MORSCH, V. M.; SCHETINGER, M. R. C.; LEAL, M. L. R.; MACHADO, G.;  
2040 SILVA, A. S. Metaphylactic effect of minerals on the immune response, biochemical  
2041 variables and antioxidant status of newborn calves. **Journal of Animal Physiology and**  
2042 **Animal Nutrition**, v. 102, p. 1-6, 2018. DOI: 10.1111/jpn.12890  
2043
- 2044 VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carbohydrate  
2045 methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy**  
2046 **Science**, v. 74, p. 3583–3597, 1991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)  
2047

2048 VEDOVATTO, M.; PEREIRA, C. S.; CORTADA NETO, I. M.; MORIEL, P.; MORAIS,  
2049 M. G.; FRANCO, G. L. Effect of a trace mineral injection at weaning on growth,  
2050 antioxidant enzymes activity and immune system in Nellore Calves. **Tropical Animal**  
2051 **Health and Production**, v. 52, p. 881-886, 2020. DOI: 10.1007/s11250-019-02056-0

2052 **Tabela 1.** Composição química das pastagens durante período experimental

Experimento 1								
Ítems <sup>1</sup>	Lote 1				Lote 2			
	d-14	d0	d28	d56	d-14	d0	d28	d56
MS (g/kg)	313,3	325,6	333,5	363,2	336,3	326,6	353,2	413,2
<i>g/kg de MS</i>								
PB	79,5	67,2	63,9	43,5	74,4	62,1	46,4	41,3
FDN	654,1	698,6	666,3	727,2	642,3	712,6	683,2	738,2
FDA	331,8	372,1	315,4	382,3	315,4	409,5	402,3	432,4
EE	11,3	13,6	13,1	13,3	13,1	12,9	12,1	12,9
MM	85,8	91,4	93,4	93,1	93,4	94,5	110,3	98,8
CNF	169,3	129,2	163,3	122,9	176,8	117,9	148,0	108,8
NDT	513,2	478,0	498,2	448,5	518,8	466,4	479,2	440,1

2053 <sup>1</sup>MS, matéria seca; PB, proteína bruta; FDN, fibra em detergente neutro; FDA, fibra em  
2054 detergente ácido; EE, extrato etéreo; CNF, carboidratos não fibrosos (100-(Cinzas + PB  
2055 + FDN + EE); NRC, 2001); MM, matéria mineral (cinzas) ); NDT, nutrientes digestíveis  
2056 totais (91,6086 – 0,669233 x FDN + 0,437932 x PB); Cappelle et al., 2001).

2057 **Tabela 2.** Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o desempenho de  
 2058 bezerras de corte (Experimento 1)

Itens <sup>5</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>		Médias <sup>2</sup> Dia	EPM <sup>3</sup>	P-value <sup>4</sup>		
	SALINA	MMI			Trat	Dia	Trat × dia
PC, kg					0,7298	<0,0001	0,4893
d-14	169,64	171,05	170,34 <sup>D</sup>	9,70			
d0	173,90	174,97	174,44 <sup>B</sup>	9,70			
d28	171,49	172,71	172,10 <sup>C</sup>	9,70			
d56	174,20	177,54	175,87 <sup>A</sup>	9,70			
GMD, kg/d							
d-14 ao d0	0,305	0,280	-	0,06	0,7674		
d0 ao d28	-0,086	-0,080	-	0,03	0,9116		
d28 ao d56	0,097	0,172	-	0,04	0,2361		
d-14 ao d56	0,065	0,093	-	0,02	0,3908		

2059 <sup>1</sup>Tratamentos: SALINA, injeção de solução salina 0,9 % de NaCl (1 mL/45 kg de PC),  
 2060 MMI, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC; Multimin 90, Multimin, Fort Collins,  
 2061 CO, USA).

2062 <sup>2</sup>São apresentadas médias por dia quando o P-value para Dia é < 0,05 e Trat × dia > 0,05.

2063 <sup>3</sup>Erro padrão da média.

2064 <sup>4</sup>Trat, efeito de tratamento; Dia, efeito de dia; Trat × dia, interação entre tratamento e dia.

2065 <sup>5</sup>PC, peso corporal; GMD, ganho médio diário.

2066 **Tabela 3.** Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre o desempenho bezerros  
 2067 de corte (Experimento 2)

Itens <sup>5</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>		Médias <sup>2</sup>	EPM <sup>3</sup>	P-value <sup>4</sup>		
	SALINA	MMI	Dia		Trat	Dia	Trat × dia
PC, kg					0,6762	<0,0001	0,5985
d-14	205,59	201,17	203,38 <sup>C</sup>	4,89			
d0	213,95	210,37	212,16 <sup>B</sup>	4,89			
d28	216,09	210,71	213,40 <sup>B</sup>	4,89			
d56	216,80	213,85	215,33 <sup>A</sup>	4,89			
GMD, kg/d							
d-14 ao d0	0,597	0,657	-	0,06	0,5338		
d0 ao d28	0,076	0,012	-	0,04	0,2704		
d28 ao d56	0,026	0,112	-	0,04	0,1740		
d-14 ao d56	0,267	0,302	-	0,04	0,5343		

2068 <sup>1</sup>Tratamentos: SALINA, injeção de solução salina 0,9 % de NaCl (1 mL/45 kg de PC),  
 2069 MMI, microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC; Multimin 90, Multimin, Fort Collins,  
 2070 CO, USA).

2071 <sup>2</sup>São apresentadas médias por dia quando o P-value para Dia é < 0,05 e Trat × dia > 0,05.

2072 <sup>3</sup>Erro padrão da média.

2073 <sup>4</sup>Trat, efeito de tratamento; Dia, efeito de dia; Trat × dia, interação entre tratamento e dia.

2074 <sup>5</sup>PC, peso corporal; GMD, ganho médio diário.

2075 **Tabela 4.** Efeito da aplicação de microminerais injetáveis sobre a contagem de OPG de  
 2076 bezerras de corte (Experimento 2)

Itens <sup>5</sup>	Tratamentos <sup>1</sup>		Médias <sup>2</sup> Dia	EPM <sup>3</sup>	P-value <sup>4</sup>		
	SALINA	MMI			Trat	Dia	Trat × dia
OPG	2,30 (389,81)	2,30 (406,96)		0,08	0,9602	0,0475	0,6601
OPG (d-14)	2,19 (350,88)	2,23 (381,52)	2,12 (366,19)	0,08			
OPG (d56)	2,38 (428,55)	2,42 (432,43)	2,40 (430,49)	0,08			

2077 <sup>1</sup>Tratamentos: SALINA, injeção de solução salina 0,9 % NaCl (1 mL/45 kg de PC), MMI,  
 2078 microminerais injetáveis (1 mL/45 kg de PC; Multimin 90, Multimin, Fort Collins, CO,  
 2079 USA).

2080 <sup>2</sup>São apresentadas médias por dia quando o P-value para Dia é < 0,05 e Trat × dia > 0,05.

2081 <sup>3</sup>Erro padrão da média.

2082 <sup>4</sup>Trat, efeito de tratamento; Dia, efeito de dia; Trat × dia, interação entre tratamento e dia.

2083 <sup>5</sup>OPG, Ovos por grama de fezes.

## 2084 **CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE**

2085

2086

2087 A aplicação de MMI em bezerros de corte 14 dias pré-desmame proporcionou  
2088 pequenas alterações hematológicas, com tendência de aumento na concentração de  
2089 hemácias no dia do desmame e aumento na concentração de plaquetas 7 dias pré-  
2090 desmame, todavia, associados a redução no VCM e tendência de redução no HCM, além  
2091 de menores níveis de plaquetas 14 dias pós desmame. Essas alterações estão  
2092 possivelmente associadas a um aumento temporário na mobilização hepática de Fe,  
2093 limitando a disponibilidade desse elemento para as hemácias. Embora a aplicação de  
2094 MMI tenha proporcionado estes efeitos adversos, os valores de VCM e HCM estiveram  
2095 abaixo das faixas de valores consideradas normais em ambos os tratamentos  
2096 experimentais, evidenciando um problema crônico associado com o ambiente  
2097 experimental.

2098 A aplicação de MMI não proporcionou alterações no leucograma de bezerros  
2099 suplementados, não demonstrando evidências de melhoria no sistema imunológico dos  
2100 bezerros, corroborando com a falta de efeito sobre o OPG dos animais suplementados.

2101 Não foi observado efeito dos MMI no desempenho produtivo (PC, GMD ou  
2102 alteração do PC) em nenhum dos experimentos, todavia, os baixos desempenhos obtidos  
2103 em ambos os experimentos podem indicar a ocorrência de limitações nutricionais  
2104 relevantes, que podem ter limitado os efeitos dos MMI sobre a resposta imune e  
2105 desempenho dos animais.

2106 Esses resultados demonstram que a aplicação de MMI em animais na fase de  
2107 desmame, quando submetidos a condições nutricionalmente limitantes, apresenta efeitos  
2108 reduzidos sobre a saúde e desempenho dos animais.