

**Fontes, níveis e relativa biodisponibilidade de zinco no desempenho de bovinos
terminados em confinamento**

**Sources, levels and relative bioavailability of zinc in finished performance of beefcattle
in feedlots**

**Fuentes, niveles y biodisponibilidad relativa de zinc em el desempeño del ganado
terminado em corrales de engorde**

Recebido: 16/06/2020 | Revisado: 19/06/2020 | Aceito: 22/06/2020 | Publicado: 03/07/2020

Cristiane Amorim Fonseca Alvarenga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5669-0029>

Instituto Federal do Triangulo Mineiro, Brasil

E-mail: cristianefonseca@iftm.edu.br

João Teodoro Pádua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0888-7972>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: teodoro@ufg.br

Aparecido Ribeiro de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6460-0633>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: desouzaar@gmail.com

Graciele Araújo de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6653-9533>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: gra.zootecnia@hotmail.com

João Restle

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6103-4074>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: jorestle@terra.com.br

Reginaldo Nassar Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0545-1439>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: reginaldonassar@gmail.com

Resumo

Objetivou-se avaliar fontes e níveis de zinco em bovinos nelore não castrados, com idade média de dois anos, terminados em confinamento no desempenho e biodisponibilidade de zinco em animais distribuídos aleatoriamente em 5 grupos, recebendo: Dieta Controle (30 mg Zn/kg matéria seca ingerida (MSI)); ZnMet 100% (complexo Zn-metionina, fornecendo mais 60 mg Zn/kg MSI); ZnMet 200% (90 mg Zn/kg MSI); ZnSO₄ 200% (sulfato de zinco, fornecendo 90 mg Zn/kg MSI); Zn injetável (glicinato de Zn, fornecendo 125,5 mg de Zn a cada aplicação, administrados em intervalos de 28 dias). O ganho em peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA) foram superiores para o grupo que recebeu ZnMet 200%, seguido do Zn Injetável nos primeiros 28 dias de confinamento, apresentando redução de valor nos demais períodos, enquanto em Controle não houve diferença no GMD e CA total. Para suplementação com Zn orgânico, os animais responderam em ganho em peso de imediato, embora alcançaram o peso de abate na mesma época que as dietas que atenderam recomendações mínimas de exigência. A biodisponibilidade das fontes e níveis foi avaliada através do método de espectrofotometria de absorção atômica, por meio da eliminação de Zn pelas fezes, concentração deste elemento no músculo, couro e fígado, bem como o peso do fígado. A Conversão Alimentar na fase inicial do confinamento é mais eficiente com a ingestão de zinco orgânico. A biodisponibilidade de zinco é influenciada pela forma de administração. Zinco injetável concentra na pele e ingerido concentra no fígado. O fígado apresenta um peso maior em animais suplementados com zinco na dieta ou injetável. Na fase final do confinamento, altas ingestões de zinco aumentam a eliminação de zinco nas fezes.

Palavras-chave: Ruminantes; Bismetionina de zinco; Glicinato de zinco; Sulfato de zinco.

Abstract

The objective was to evaluate sources and levels of zinc in non-castrated cattle, with an average age of two years, finished in confinement without performance and zinc bioavailability in animals randomly distributed in 5 groups, using: Control Diet (30 mg Zn / kg of dry material ingested (MSI)); 100% ZnMet (Zn-methionine complex, providing more than 60 mg Zn / kg MSI); 200% ZnMet (90 mg Zn / kg MSI); 200% ZnSO₄ (zinc sulfate, providing 90 mg Zn / kg MSI); Injectable Zn (Zn glycinate, providing 125.5 mg of Zn with each application, administered at 28-day intervals). The average daily weight gain (GMD) and feed conversion (AC) were higher for the group that received 200% ZnMet, followed by injectable Zn in the first 28 days of confinement, showing a reduction in value in other periods. For supplementation with organic Zn, the animals that responded to the immediate

weight gain, still reached reduced the same weight as the diets that meet the minimum usage. The bioavailability of the sources and the levels were applied through the atomic absorption spectrophotometry method, through there moval of Zn through the perforations, the concentration of this element in the muscle, leather and liver, as well as in the treatment of the liver. Feed Conversion in the initial phase of confinement is more efficient with the intake of organic zinc. The bioavailability of zinc is affected by the form of administration. Injectable zinc is more concentrated in the skin and ingested is more concentrated in the liver. The liver has a greater weight in animals supplemented with dietary zinc or injectable. In the final phase of confinement, high intakes of zinc increase and reduced zinc in the stool.

Keywords: Ruminants; Zinc bismethionine; Zinc glycinate; Zinc sulfate.

Resumen

El objetivo fue evaluar las fuentes y los niveles de zinc en el ganado no castrado, con una edad de dos años, terminado en confinamiento en rendimiento y biodisponibilidad de zinc en los animales distribuidos al azar en 5 grupos, utilizando: Dieta de control (30 mg de Zn / kg de material ingerido en seco (MSI)); 100% de ZnMet (complejo de Zn-metionina, que proporciona más de 60 mg de Zn / kg de MSI); 200% ZnMet (90 mg Zn / kg MSI); 200% de ZnSO₄ (sulfato de zinc, que proporciona 90 mg de Zn / kg MSI); Zn inyectable (glicinato de Zn, que proporciona 125,5 mg de Zn con cada aplicación, administrado a intervalos de 28 días). El aumento de peso diario promedio (GMD) y la conversión alimenticia (AC) fueron mayores en el grupo que recibió 200% de ZnMet, seguido de Zn inyectable en los primeros 28 días de confinamiento, mostrando una reducción en el valor en otros períodos. Para la suplementación con Zn orgánico, los animales que respondieron al aumento de peso inmediato aún alcanzaron o redujeron el mismo peso que las dietas que cumplen con el uso mínimo. La biodisponibilidad de fuentes y niveles se aplicó mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica, eliminando Zn a través de perforaciones, concentrando este elemento en el músculo, el cuero y el hígado, así como en el tratamiento del hígado. La conversión alimenticia en la fase inicial de confinamiento es más eficiente con la ingesta de zinc orgánico. La biodisponibilidad del zinc se ve afectada por la forma de administración. El zinc inyectable está más concentrado en la piel y el ingerido está más concentrado en el hígado. El hígado tiene un mayor peso en animales suplementados con zinc dietético o inyectables. En la fase final del confinamiento, el alto consumo de zinc aumenta y reduce el zinc en las heces.

Palabras clave: Ruminantes; Bismetionina de zinc; Glicinato de zinc; Sulfato de zinc.

1. Introdução

Para um perfeito funcionamento das atividades metabólicas do organismo, e exploração zootécnica dos animais domésticos, é necessário que os minerais sejam fornecidos em quantidades e proporções equilibradas, e, especificamente em bovinos, para o bom funcionamento do rúmen, por meio do crescimento adequado dos microrganismos ruminais, e consequente melhor aproveitamento das partículas alimentares e produção de ácidos graxos voláteis e proteína microbiana (Tonin, 2019).

Estudos que abordam o efeito e a importância dos minerais na nutrição de ruminantes são escassos e quando se trata de microminerais, são praticamente inexistentes (Silva et al, 2017). O micromineral Zinco (Zn), tem sido bastante estudado em outros países, porém as pesquisas no Brasil ainda não são completamente consolidadas (Bombardelli, 2018). Enzimas que requerem Zn estão envolvidas no metabolismo de ácidos nucleicos, proteínas e carboidratos e, conseqüentemente, no metabolismo celular, ressaltando a sua importância para o normal funcionamento do sistema imunológico. Além disso, o requerimento de aminoácidos na síntese de proteínas é prejudicado pela deficiência de Zn, o que justifica sua importância no desempenho animal (Henriques, 2003).

O Zn é encontrado nas forragens, mas sabe-se que forragens de solos tropicais são deficientes em grande parte em macro e microminerais necessários aos animais domésticos. Segundo Conrad et al. (1985), com o amadurecimento das plantas, o Zn tende a se deslocar para o sistema radicular, decrescendo a quantidade disponível nas folhas para a alimentação animal.

Muitos fatores como idade do animal, raça, nível de adaptação e produção, forma química do mineral nos ingredientes da dieta, e inter-relação com outros nutrientes, além dos níveis e fontes de Zn, podem influenciar sua absorção. As principais fontes de Zn usadas na indústria de alimentos para animais, são o Óxido de Zinco (ZnO) e o Sulfato de Zinco (ZnSO₄). No entanto, algumas fontes de minerais, principalmente de microminerais, apresentam baixa biodisponibilidade (Silva, 2017). Para melhorar a disponibilidade de determinados minerais, uma alternativa que vem sendo utilizada é a associação destes minerais com algumas substâncias orgânicas, como, por exemplo, aminoácidos, proteínas e polissacarídeos. Este processo é denominado de quelatação (Aguiar, 2017). O complexo Zinco-Metionina (ZnMet), tem sido bastante utilizado nesta proposta de melhoria da disponibilidade.

A porção metionina do complexo ZnMet tem se mostrado menos degradável pelos

microrganismos ruminais, o que ocasiona a passagem para o trato intestinal onde é absorvido (Spears, 1996). O complexo ZnMet tem demonstrado ser mais estável no rúmen, por realizar menor número de ligações a partículas alimentares ou microrganismos do que se estivesse na forma inorgânica (ZnO ou ZnSO₄).

A recomendação segundo o NRC (1996) é de 30 mg de Zn/kg de matéria seca ingerida (MSI) para bovinos de corte, sendo que a tolerância máxima da concentração de Zn é de 500 mg de Zn/kg MSI. Como existe um grande intervalo entre a recomendação e o teor tóxico, e o Zn tem influência no crescimento, desenvolvimento, consumo e ganho em peso, justifica-se o estudo da sua concentração na dieta animal, ressaltando que tanto ZnSO₄ quanto Zn quelatado tem o mesmo efeito em ruminantes (Cao et al, 2000).

Objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações e fontes de Zn sobre o desempenho, características da carcaça e da carne de bovinos de corte, bem como a avaliação da biodisponibilidade das fontes estudadas.

2. Metodologia

As pesquisas visam trazer novos saberes para a sociedade como preconizam Pereira et al. (2018). Foi utilizado o método descritivo, realizada uma pesquisa de campo e posteriormente uma pesquisa laboratorial para avaliar fontes e níveis de zinco em bovinos nelore não castrados, com idade média de dois anos, terminados em confinamento no desempenho e biodisponibilidade de zinco nesses animais.

O presente trabalho foi realizado no município de Nerópolis – Goiás, localizada a 20 quilômetros da capital do Estado. O clima da região é o tropical de savana pela classificação de Blair (1942), com temperatura média anual de 21,9°C, onde, as temperaturas mais baixas ocorrem de maio a agosto, 18,8°C a 21,0°C; e as temperaturas mais altas ocorrem na primavera com média das máximas entre 29°C e 32°C; a precipitação pluviométrica é de 1.487,2mm.

Todos os reagentes e solventes usados nesse trabalho foram obtidos comercialmente e foram purificados e secos quando necessário. A bismetionina de zinco (ZnMet) foi preparada previamente conforme metodologia descrita na patente PI0304995-7A, publicada em 2005. A análise química da dieta alimentar foi realizada conforme AOAC (2000).

Antes de adentrar o confinamento, todos os animais foram vermifugados e identificados. O total de 120 novilhos mestiços, com predominância da raça Nelore, não castrados, com idade média de 2 anos, e peso médio de 350 kg foram mantidos em regime de

confinamento num total de 92 dias, sendo os 12 primeiros dias destinados à adaptação à dieta e ao confinamento. O peso médio de abate (PABAT) foi de 470 kg.

Os animais foram distribuídos em cinco tratamentos, sendo duas repetições (curral) e doze animais (24 animais/tratamento), totalizando 120 novilhos, sendo:

Tratamento 1 (Controle): Dieta alimentar sem fonte adicional de Zn, capaz de fornecer 30 mg de Zn/Kg de matéria seca ingerida (MSI), conforme recomendação do NRC (1996). Tratamento 2 (ZnMet 100%): Adição de ZnMet à dieta para atingir 100% a mais de Zn/Kg de MSI, do que a recomendação (NRC, 1996), ou seja, 60 mg de Zn/kg de MSI. Tratamento 3 (ZnMet 200%): Adição de ZnMet à dieta para atingir 200% a mais de Zn/Kg de MSI, do que a recomendação (NRC, 1996), ou seja, 90 mg de Zn/kg de MSI. Tratamento 4 (ZnSO₄ 200%): Adição de ZnSO₄ à dieta para atingir 200% a mais de Zn/Kg de MSI, do que a recomendação (NRC, 1996), ou seja, 90 mg de Zn/kg de MSI. Tratamento 5 (Zn Injetável): Dieta alimentar para atingir os 30 mg de Zn/Kg de MSI, recomendado pelo NRC (1996) associada a aplicação intramuscular de 50ml de alfa amino acetato de Zn (2,51 mg de Zn/ml de solução), aplicado nos animais a cada 28 dias. Os animais recebiam, assim, 125,5 mg de Zn a cada 28 dias.

Como fonte inorgânica de Zn, foi utilizado o sulfato de Zn (ZnSO₄). Como forma orgânica, foi utilizado o complexo Zn e metionina (ZnMet), que foi produzido no Instituto de Química da UFG. Além do ZnMet, utilizou-se o alfa amino acetato de Zn, via intra-muscular. As fontes de Zn foram, conforme a concentração deste elemento, misturadas junto ao concentrado, na sua fabricação semanal, atingindo a concentração final do mineral estabelecido nos tratamentos.

A dieta foi calculada segundo o NRC (1996), objetivando ganho em peso médio de 1,200 kg/dia, estimando-se um consumo de 2,5 kg de MS/100 kg de peso vivo. Na Tabela 1 é apresentada os nutrientes presentes na dieta.

Tabela 1 – Nutrientes diários na dieta total.

Nutriente	Quantidade
Proteína Bruta(%)	11,87
Nutrientes digestíveis totais(%)	68,29
Fibras em detergente ácido(%)	24,12
Fibras em detergente neutro(%)	43,43
Estrato etéreo(%)	2,30
Ca(%)	0,67
P(%)	0,47
K(%)	0,73
S(%)	0,15
Na(%)	0,12
Mg(%)	0,24
Co(ppm)	0,59
Cu(ppm)	16,56
I(ppm)	0,55
Fe(ppm)	369,96
Mn(ppm)	42,97
Se(ppm)	0,26
Zn(ppm)	30,00
Vitamina A(UI/kg)	4544,85
Vitamina E(UI/kg)	4,78
Rumensin(%)	0,01

Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

A dieta foi à base de silagem de milho e concentrado, estimando proporção de 40% e 60% na matéria seca, respectivamente. O concentrado foi produzido semanalmente na propriedade em que os animais foram confinados e continha 53,3% de milho desintegrado, 37,7% de farelo de trigo, 2,5% de farelo de soja e 6,41% de núcleo mineral vitamínico. Por dia, foi adicionado à dieta 0,5 kg de caroço de algodão para cada animal.

O período experimental foi dividido em três períodos de 28 dias. Nos dois primeiros períodos foi respeitada a proporção 60% de volumoso e 40% de concentrado. No último período, aumentou-se a quantidade de caroço de algodão para 1 kg/animal/dia, sendo fornecido de acordo com o peso vivo animal, também neste último período, foi aumentada a proporção de concentrado na dieta, com o objetivo de que a quantidade de volumoso fosse fornecido até o final do período experimental. Então, somente nesta fase experimental, calculou-se uma proporção volumoso e concentrado de 40:60, respectivamente. Na Tabela 2 são apresentados os dados do consumo diário de nutrientes durante os períodos experimentais

Tabela 2 - Consumo médio diário de ingredientes da dieta (em kg de matéria natural ingerida – kg MNI, kg de matéria seca ingerida – kg MSI e porcentagem de matéria seca na dieta – % MS) e nutrientes (proteína bruta- PB, extrato etéreo- EE, fibra em detergente neutro- FDN, fibra em detergente ácido-FDA, nutrientes digestíveis totais- NDT e energia digestível- ED) por animal em cada período.

	1º. Período	2º. Período	3º. Período
Consumo (kg MNI)	25,78	27,52	25,93
Silagem Milho (kg MNI)	20,88	22,15	19,00
Concentração (kg MNI)	4,40	4,87	6,43
Caroço Algodão (kg MNI)	0,50	0,50	1,00
Consumo (kg MSI)	9,58	10,30	11,36
Silagem Milho (kg MSI)	5,21	5,52	4,74
Concentração (kg MSI)	3,92	4,33	5,72
Caroço Algodão (kg MSI)	0,45	0,45	0,90
% MS Silagem	54,38	53,59	41,73
% MS Concentrado	40,92	42,04	50,35
% MS Caroço Algodão	4,70	4,37	7,92
Volumoso:Concentração	54,38:45,62	53,59:46,41	41,73:58,27
PB (%MS)	12,74	12,83	14,49
EE (%MS)	3,51	3,47	4,49
FDN (%MS)	42,11	41,77	37,98
FDA (%MS)	22,89	22,62	19,34
NDT (%MS)	57,52	57,40	58,97
ED (Mcal/kg MS)	2,53	2,53	2,59

Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Amostras representativas dos componentes da dieta alimentar foram coletadas para averiguação da composição bromatológica. Pesando-se a quantidade fornecida e as sobras, foi possível determinar a ingestão dos ingredientes e nutrientes fornecidos em cada período do confinamento. Nestas amostras foram determinados teores de MS, proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). As análises foram realizadas segundo metodologia descrita por Silva (1990).

Para obtenção da concentração de nutrientes digestíveis totais (NDT) do concentrado, utilizou-se a fórmula: $NDT (\%) = 60,04 - (0,6083 \cdot FDA)$, e para a obtenção da concentração de NDT da silagem de milho, utilizou-se a fórmula: $NDT (\%) = 99,39 - (0,7641 \cdot FDN)$, de acordo com recomendações de CAPPELLE et al. (2001). A energia digestível (ED) foi calculada segundo o NRC (1996), onde $1\text{kg NDT} = 4,4\text{ Mcal de ED/kg de MS}$.

Durante o período de confinamento, os animais foram alimentados quatro vezes ao dia. Pela manhã às 7:00 h, foi fornecido 30% do concentrado, às 10:00 h, 20% do concentrado mais 0,5 kg de caroço de algodão/animal, às 15h, 20% do concentrado, e os 30% restantes, às

18:00 h, mais os 0,5 kg de caroço de algodão por animal. O volumoso foi fornecido no comedouro por um vagão distribuidor, em seguida era distribuído o concentrado devidamente pesado para cada box, realizando a mistura manual. As sobras foram retiradas diariamente, antes do primeiro fornecimento da dieta do dia.

2.1 Desempenho Animal

No primeiro dia, os animais foram pesados após jejum e identificados com brinco. Realizou-se a aleatorização para compor cada curral, que recebeu doze animais, em um total de 120 cabeças. As pesagens foram realizadas a cada 28 dias, após jejum de 12 a 16 horas, sempre pela manhã.

O consumo médio da dieta foi registrado duas vezes por semana, totalizando 20 registros, obtidos pela diferença entre a quantidade oferecida e a sobra. No dia da medição do consumo, o volumoso foi pesado e distribuído, e estipulado em 10% acima do consumo voluntário. O concentrado não foi fornecido ad libitum para não permitir que os animais ingerissem quantidades de Zn acima dos valores testados. No outro dia, antes do fornecimento da dieta, foram pesadas as sobras, e por diferença, obteve-se o consumo médio diário de matéria seca (CMS) expresso em kg/animal (CMSD). Também foram calculados o CMS por 100 kg de peso vivo (CMSP) e em g de MS/unidade de peso corporal metabólico – g/kg^{0,75} (CMSM).

Foi analisado o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) expresso em kg/animal (CFDND), por 100 kg de peso vivo (CFDNP) e por unidade de tamanho metabólico (CFDNM), bem como o consumo médio diário de energia digestível (CED) em Mcal/animal (CEDD), por 100 kg de peso vivo (CEDP) e por unidade de tamanho metabólico (CEDM).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em parcela subdivida com arranjo fatorial 5 x 2, para as variáveis, CMS, CFDN e CED expressos nas diferentes formas, e conversão alimentar (CA). Utilizou-se o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + (T*P)_{ij} + R_k(T_i) + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = variáveis dependentes;

μ = média de todas as observações;

T_i = efeito dos tratamentos: níveis e fontes de Zn, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

P_j = efeito da época de pesagem, j = 1, 2, 3, 4;
(T*P)_{ij} = efeito da interação entre tratamento e época de pesagem;
R_k(T_i) = efeito da repetição dentro de tratamento – erro a, k = 1, 2; e
e_{ijkl} = erro aleatório contendo os efeitos não controlados – erro b.

Os dados foram analisados pelo Proc GLM/SAS (1996). As médias comparadas pelo teste Tukey a 5%.

2.2 Avaliação biológica da eliminação e absorção de Zn

Como medida da absorção aparente das fontes de Zn, colheu-se as fezes dos animais nos dias das pesagens para quantificar o valor desse elemento que foi eliminado.

Também foi colhida semanalmente, durante os primeiros 28 dias do experimento, as fezes dos animais que receberam Zn Injetável. Este procedimento teve como objetivo estimar o perfil do Zn eliminado pelas fezes, uma vez que os animais que receberam este tratamento só recebiam a aplicação via intra-muscular a cada intervalo de pesagem (28 dias). Estas coletas foram realizadas nos dias 0, 1, 8, 15, 22 e 28.

Após o abate, foram colhidas amostras do couro (fragmento da orelha), do fígado e do músculo *Longissimus dorsi* de oito animais/tratamento, para quantificar a concentração de Zn nos tecidos e avaliar a biodisponibilidade das fontes de Zn.

As amostras de fezes e tecidos foram inicialmente secas em estufa a 105°C por 24 h. A massa utilizada foi de aproximadamente 1 g. Foram digeridas em 10 ml de solução 9 mol.l⁻¹ de HNO₃ por 3 h sob aquecimento. Após este período foram adicionados cuidadosamente 5 ml de peróxido de hidrogênio 30% (v/v) e aquecidos por 1 h. Após a digestão, as soluções foram filtradas em papel de filtro qualitativo e transferidas para balão volumétrico de 50 ml, aferido com água destilada e armazenado em frasco plástico. A análise elementar de Zn foi realizada em um Espectrofotômetro de Absorção Atômica de duplo feixe, modelo CG AA 7000 BC (Instrumentos Científicos GG Ltda.).

Também, como método de avaliar a biodisponibilidade das fontes de Zn, após o abate, foi realizada a pesagem do fígado. Foram selecionados quatro animais de cada box, isto é, oito animais por tratamento. Após a última pesagem, os animais foram enviados ao frigorífico e abatidos de acordo com as normas da Inspeção Federal (MAPA), após jejum de 16 horas. Após abate procedeu-se a retirada dos componentes não integrantes da carcaça, onde foi obtido o peso do fígado. Para análise da eliminação de Zn pelas fezes, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em parcela subdividida, adotando-se o seguinte

modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + D_j + (T*D)_{ij} + e_{ijk}$$

em que: Y_{ijk} = variáveis dependentes;

μ = média de todas as observações;

T_i = efeito dos tratamentos: níveis e fontes de Zn, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

D_j = efeito do dia de colheita, $j_a = 1, 2, 3$ / $j_b = 1, 2, 3, 4, 5, 6$;

$(T*D)_{ij}$ = efeito da interação entre tratamentos e dia de colheita;

e_{ijk} = erro aleatório contendo os efeitos não controlados.

a Colheita de fezes de todos os tratamentos

b Colheita de fezes do tratamento Zn Injetável.

Os dados foram analisados pelo Proc GLM/SAS (1996). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Para a quantificação da eliminação de Zn pelas fezes do grupo Zn Injetável, os dados foram analisados pelo PROC REG/SAS (1996).

Para as características de concentração de Zn no fígado, couro e músculo, e peso do fígado o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Utilizou-se o modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + A(T)_{ij} + R_k + e_{ijkl}$$

em que: Y_{ijkl} = variáveis dependentes;

μ = média de todas as observações;

T_i = efeito dos tratamentos: níveis e fontes de Zn, $i = 1, 2, 3, 4, 5$;

$A(T)_{ij}$ = efeito do animal dentro de tratamento – erro a, $j = 1, 2, \dots, 8$;

R_k = efeito da repetição, $k = 1, 2, 3, 4$; e

e_{ijkl} = erro aleatório contendo os efeitos não controlados – erro b.

Os dados foram analisados pelo Proc GLM/SAS (1996). As médias foram comparadas pelo teste ‘t’ a 10%.

3. Resultados e Discussão

3.1 Desempenho

Não houve interação entre períodos e tratamentos para as características de CMSD ($P = 0,5689$), CMSP ($P = 0,6801$) e CMSM ($P = 0,6459$) (Apêndices A,B e C, respectivamente). Estas mesmas características foram influenciadas pela suplementação e pelo período.

Tabela 3 - Médias e erros-padrão para consumo médio diário de matéria seca expresso em kg (CMSD), por 100 kg de peso vivo (CMSP) e por unidade de peso metabólico (CMSM) de acordo com os diferentes níveis e fontes de Zn subdividido em três períodos para bovinos em confinamento.

Tratamento	Período (28 dias)			Média
	1º. Período	2º. Período	3º. Período	
	CMSD (kg)			
Controle	9,58±0,13	10,33±0,13	10,70±0,13	10,20±0,07A
ZnMet 100%	9,31±0,13	9,91±0,13	10,33±0,13	9,85±0,07B
ZnMet 200%	9,55±0,13	10,12±0,13	10,65±0,13	10,11±0,07A
ZnSO ₄ 200%	9,41±0,13	10,19±0,13	10,69±0,13	10,10±0,07A
Injetável	9,49±0,13	9,98±0,13	10,15±0,13	9,87±0,07B
Média	9,47±0,06a	10,11±0,06b	10,50±0,0,06c	
	CMSP (%PV)			
Controle	2,57±0,03	2,50±0,03	2,40±0,03	2,49±0,01A
ZnMet 100%	2,53±0,03	2,45±0,03	2,36±0,03	2,44±0,01BC
ZnMet 200%	2,56±0,03	2,45±0,03	2,38±0,03	2,46±0,01AB
ZnSO ₄ 200%	2,54±0,03	2,49±0,03	2,42±0,03	2,48±0,01A
Injetável	2,54±0,03	2,42±0,03	2,29±0,03	2,41±0,01C
Média	2,55±0,03a	2,46±0,01b	2,37±0,01c	
	CMCS (g/kg ^{0,75})			
Controle	112,90±1,32	112,86±1,32	110,10±1,32	111,95±0,54A
ZnMet 100%	110,71±1,32	109,74±1,32	107,79±1,32	109,41±0,54BC
ZnMet 200%	112,48±1,32	110,54±1,32	109,43±1,32	110,82±0,54AB
ZnSO ₄ 200%	111,38±1,32	112,08±1,32	110,79±1,32	111,42±0,54A
Injetável	111,56±1,32	108,92±1,32	104,96±1,32	108,48±0,54AC
Média	111,80±0,59a	110,83±1,32a	108,61±0,59b	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem pelo teste Tukey (P < 0,10). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste Tukey (P < 0,10).
 Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Na média, o CMSD foi influenciado (P = 0,0612) pelos tratamentos. O tratamento sem suplementação, 30 mg de Zn/kg de MSI conforme a recomendação do NRC (1996), apresentou o maior CMS (10,20 kg), diferindo dos tratamentos ZnMet 100% (9,85 kg) e Zn Injetável (9,87 kg). Malcom-Calliset al. (2000) também observaram menores consumos com o aumento da concentração de Zn (20, 100 e 200 ppm Zn de ZnSO₄). Quando estes mesmos autores forneceram diferentes fontes de Zn (30 ppm Zn) observaram que o CMS foi similar. Estudos realizados por Brown et al. (2004) utilizando como fontes de Zn, ZnSO₄ e ZnMet (90 ppm) e dieta controle (60 ppm), para bovinos confinados, não mostraram diferença significativa quanto ao CMSD. Rojas et al. (1995), compararam à dieta controle (16 a 20

mg/kg de Zn) suplementação com $ZnSO_4$ e ZnMet (360 mg/kg de Zn) e observaram que o CMSD das ovelhas foi similar para todos os tratamentos.

O CMSP também foi influenciado ($P = 0,0315$) pelos tratamentos. A dieta foi estimada, segundo o NRC (1996), em 2,5 kg de MS/100 kg de PV, e todos os grupos apresentaram valores bem próximos ao que foi estimado, embora o grupo Zn Injetável tenha apresentado o menor CMSP (2,41% PV), 3,21% a menos que o maior consumo, o do grupo controle, não diferindo apenas do grupo ZnMet 100% (2,44% PV), que também diferiu do grupo controle. O maior CMSP que foi observado no grupo controle (2,49% PV), não diferiu dos grupos $ZnSO_4$ 200% (2,48% PV) e ZnMet 200% (2,46% PV).

Quando ajustado para unidade de peso metabólico, o CMS também sofreu influência dos tratamentos ($P = 0,0274$). O Zn Injetável apresentou 3,1% (108,48 g/kg^{0,75}) menor CMSM que o grupo Controle (111,95 g/kg^{0,75}), não diferindo apenas do grupo ZnMet 100% (109,41 g/kg^{0,75}). O maior CMSM conferido pelo grupo controle não diferiu significativamente do $ZnSO_4$ 200% (11,42 g/kg^{0,75}) e do ZnMet 200% (110,82 g/kg^{0,75}). O consumo expresso em 100 kg de peso vivo e unidade de peso metabólico está de acordo com o consumo expresso em kg de MS, o que valida o consumo em kg, mostrando que o peso inicial não influenciou nos resultados do consumo animal quanto aos tratamentos.

Foi observado um crescente e significativo aumento do CMSD ($P < 0,0001$) com o avançar do período de confinamento. Frente ao avanço do período de confinamento, o aumento de 6,23% do primeiro para o segundo período, e 3,81% do segundo para o terceiro período no CMSD é justificado pelo desenvolvimento corporal dos animais no decorrer do tempo. Segundo o NRC (1996) o CMS tem relação positiva com o peso vivo, pois com o aumento do peso vivo, o CMSD também tende a aumentar. Este aumento também pode ser justificado pelo aumento de concentrado na dieta, cuja relação volumoso:concentrado passou de 60:40 para 40:60. Segundo Restle (2002) e Poczynek (2019), o aumento de concentrado na dieta é responsável pelo aumento da palatabilidade, densidade proteica e energética, e pelos decréscimos de fibras na dieta, fazendo com que o CMS aumente.

O CMSP ($P < 0,0001$), assim como CMSM ($P = 0,0095$), apresentaram comportamentos contrários ao CMSD, decrescendo significativamente à medida que se passava o período de confinamento e se aproximava do peso de abate. Segundo o NRC (1996) o CMS decresce a medida que a gordura do corpo do animal aumenta, e segundo Luchiari Filho (2000), a gordura é o último tecido a ser depositado, ocorrendo após o tecido ósseo e o muscular; com isto o menor CMSP e CMSM é justificado pela proximidade do peso de abate, pois nesta fase, há maior deposição de gordura. Venturini et al (2016) relatam que animais em

terminação apresentam menor consumo quando expressos em 100 kg de peso vivo e em unidade de peso metabólico, e acreditam que a composição corporal, especialmente a percentagem de gordura corporal, pode afetar a ingestão de alimentos, pois à medida que o animal se aproxima da maturidade, mais gordura é depositada e, quanto mais gordo o animal, menor o consumo de alimento, para qualquer tamanho metabólico. Valadares et al. (1997) consideram que o consumo em percentagem de peso vivo expressa melhor a variação do consumo alimentar em função do desenvolvimento corporal de gado de corte, onde este consumo decresce com o avanço do desenvolvimento corporal.

Em relação aos consumos médios diários de fibra em detergente neutro, expressos em kg (CFDND), percentual do peso vivo (CFDNP) e por unidade de tamanho metabólico (CFDNM) dos animais, não foi observado interação entre períodos e tratamentos para as características de CFDND ($P = 0,5944$), CFDNP ($P = 0,7157$) e CFDNM ($P = 0,6805$). Por outro lado, estas mesmas características foram influenciadas pela suplementação e pelo período.

Na Tabela 4 estão apresentadas as médias do consumo de fibra em detergente neutro expressas em kg de FDN, por 100 kg de peso vivo e por unidade de tamanho metabólico, e verifica-se resultados similares aos obtidos para os consumos diários de matéria seca, na comparação entre os tratamentos.

Tabela 4 - Médias e erros-padrão para consumo de fibra em detergente neutro, expresso por Kg (CFDND), por 100 kg de peso vivo (CFDNP) e por unidade de peso metabólico (CFDNM) de acordo com os diferentes níveis e fontes de Zn subdividido em três períodos no confinamento de bovinos.

Tratamento	Período (28 dias)			Média
	1º. Período	2º. Período	3º. Período	
	CFDND (kg)			
Controle	4,03±0,05	4,31±0,05	4,06±0,05	4,14±0,03A
ZnMet 100%	3,92±0,05	4,13±0,05	3,92±0,05	3,99±0,05B
ZnMet 200%	4,02±0,05	4,23±0,05	4,04±0,05	4,10±0,05A
ZnSO ₄ 200%	3,96±0,05	4,25±0,05	4,06±0,05	4,09±0,05A
Injetável	3,99±0,05	4,17±0,05	3,85±0,05	4,01±0,05B
Média	3,99±0,02b	4,22±0,02a	3,99±0,02b	
	CFDNP (%PV)			
Controle	1,08±0,01	1,04±0,01	0,91±0,01	4,14±0,03A
ZnMet 100%	1,06±0,01	1,02±0,01	0,90±0,01	3,99±0,03BC
ZnMet 200%	1,08±0,01	1,02±0,01	0,90±0,01	4,10±0,03AB
ZnSO ₄ 200%	1,07±0,01	1,04±0,01	0,91±0,01	4,09±0,03A
Injetável	1,08±0,01	1,01±0,01	0,86±0,01	4,01±0,03C
Média	1,07±0,01a	1,03±0,01b	0,90±0,01c	
	CFDNM (g/kg ^{0,75})			
Controle	47,54±0,53	47,14±0,53	41,82±0,53	45,50±0,22A
ZnMet 100%	46,62±0,53	45,84±0,53	40,94±0,53	44,47±0,2BC
ZnMet 200%	47,36±0,53	46,17±0,53	41,56±0,53	45,03±0,22AB
ZnSO ₄ 200%	46,90±0,53	46,82±0,53	42,08±0,53	45,27±0,22A
Injetável	46,98±0,53	45,50±0,53	39,86±0,53	44,11±0,22C
Média	47,08±0,24a	46,29±0,24b	41,25±0,24c	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha diferem pelo teste Tukey ($P < 0,10$).
 Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna diferem pelo teste Tukey ($P < 0,10$).
 Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Segundo Mertens (1992), a FDN representa substâncias (celulose, hemicelulose e lignina) indigestíveis ou de baixa digestão, que representam alimentos volumosos, ocupando o espaço no trato gastrointestinal e, conseqüentemente, limitando a ingestão de MS.

Embora tenha-se fornecido a mesma dieta para todos os tratamentos, o grupo Controle apresentou, significativamente, maior CFDN, expresso nas diferentes formas, diferindo do tratamento ZnMet 100% e Zn Injetável, indicando que os maiores CMS coincidiram com os maiores CFDN.

Em relação ao período de avaliação, foi observado que o CFDND foi superior ($P < 0,0001$) no segundo período, embora a porcentagem de FDN na dieta do segundo período tenha sido inferior comparada ao primeiro período (41,77 e 42,11%, respectivamente), sendo

justificado pelo maior consumo de matéria seca, 10,11 kg para o segundo período e 9,47 kg para o primeiro período. Foi observado também uma queda no terceiro período devido ao aumento de concentrado que foi fornecido nesta fase. O CFDN expresso em porcentagem de peso vivo e em unidade de peso metabólico observado foi similar aos resultados encontrados em CMS ($P < 0,0001$), verificando decréscimo no consumo com o decorrer do confinamento, podendo ser explicado pelo aumento da porcentagem de concentrado, que era de 60:40 a relação volumoso:concentrado, passando para 40:60 no terceiro período, e consequente diminuição da porcentagem de FDN na dieta no decorrer do confinamento.

Na Tabela 5 estão apresentadas a médias do consumo diário em energia digestível (CED) expressas em Mcal (CEDD), percentual do peso vivo (CEDP) e por unidade de tamanho metabólico (CEDM) dos animais de acordo com os tratamentos e o período de avaliação, onde verifica-se resultados similares aos obtidos em os consumos diários de matéria seca e de fibra em detergente neutro. Não foi observada interação entre tratamentos e períodos para CEDD ($P = 0,5620$), CEDP ($P = 0,6701$) e CEDM ($P = 0,6363$).

Tabela 5 – Médias e erros-padrão para consumo médio diário de energia digestível (CED) expressos em Mcal (CEDD), por 100 kg de peso vivo (CEDP) e por unidade de peso metabólico (CEDM) de acordo com os diferentes níveis e fontes de Zn subdividido em três períodos no confinamento de bovinos.

Tratamento	Período (28 dias)			Média
	1º. Período	2º. Período	3º. Período	
	CEDD (kg)			
Controle	24,25±0,33	26,08±0,33	27,75±0,33	26,02±0,19A
ZnMet 100%	23,56±0,33	25,02±0,33	26,80±0,33	25,13±0,19B
ZnMet 200%	24,16±0,33	25,56±0,33	27,62±0,33	25,78±0,19A
ZnSO ₄ 200%	23,82±0,33	25,72±0,33	27,74±0,33	25,76±0,19A
Injetável	24,01±0,33	25,21±0,33	26,34±0,33	25,18±0,19B
Média	23,96±0,15c	25,52±0,02b	27,25±0,02a	
	CEDP (%PV)			
Controle	6,50±0,07	6,32±0,07	6,22±0,07	6,35±0,03A
ZnMet 100%	6,40±0,07	6,18±0,07	6,11±0,07	6,23±0,03BC
ZnMet 200%	6,48±0,07	6,20±0,07	6,17±0,07	6,28±0,03AB
ZnSO ₄ 200%	6,43±0,07	6,30±0,07	6,27±0,07	6,33±0,03A
Injetável	6,42±0,07	6,10±0,07	6,93±0,07	6,15±0,03C
Média	6,44±0,03a	6,22±0,03b	6,14±0,03c	
	CEDM (g/kg ^{0,75})			
Controle	285,73±3,38	285,03±3,38	287,63±3,38	285,48±1,39A
ZnMet 100%	280,19±3,38	277,15±3,38	279,67±3,38	278,04±1,39BC
ZnMet 200%	284,67±3,38	279,19±3,38	283,93±3,38	282,60±1,39AB
ZnSO ₄ 200%	281,88±3,38	283,08±3,38	287,48±3,38	284,14±3,38A
Injetável	282,35±3,38	275,08±3,38	272,33±3,38	276,59±3,38C
Média	282,96±1,51	279,90±1,51	281,82±1,51	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem pelo teste Tukey ($P < 0,10$). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna, diferem pelo teste Tukey ($P < 0,10$). Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Segundo Mertens (1992) tanto o FDN como a demanda de energia na dieta, regulam o consumo, visto que em dietas com altos teores de fibras e baixos teores de energia, o CMS é limitado pelo enchimento do rúmen, e em situação inversa, o CMS é regulado pela demanda de energia. Neste estudo foi observado que o maior CMS também foi o de maior CED, expresso nas diferentes formas.

Brondani, et al. (2004), quando forneceram dois níveis diferentes de energia para bovinos de corte, observaram que aqueles que receberam maiores níveis de energia consumiram maiores quantidades de MS, sendo justificado pela maior porcentagem de concentrado nestas dietas.

O maior CED, expresso nas diferentes formas, foi observado no grupo controle, diferindo apenas do grupo ZnMet 100% e Zn Injetável, que apresentaram as menores médias. O grupo Zn Injetável diferiu de todos os outros tratamentos, apresentando o menor CED, sendo justificado pelo menor CMS.

Na análise dos períodos de confinamento, observou-se incremento percentual de CEDD ($P < 0,0001$) de 6,11% do primeiro para o segundo período e 6,34% do segundo para o terceiro período de avaliação, devido ao crescente CMSD associado ao aumento de concentração energética das dietas, por ocasião da mudança da relação volumoso:concentrado de 60:40 no primeiro e segundo período, para 40:60 no terceiro período. Singh et al (2018), confirma dados encontrados por Silva et al. (2002), que em estudo avaliando a exigência diária de energia digestível para manutenção de animais jovens, observaram aumentos neste requisito, à medida que o peso corporal se elevou.

Com relação ao CED foi expresso em 100 kg de peso vivo, houve queda percentual no CED frente aos períodos da ordem de 1,71% do primeiro para o segundo período e 1,29% do segundo para o terceiro período de avaliação, podendo ser justificado pelo decréscimo de CMSP, assim como ocorrido para CFDNP. O mesmo foi observado por Costa et. al. (2002) em confinamento de novilhos da raça Red Angus, onde o decréscimo do CMSP originou comportamento similar para o CFDNP e CEDP. Na Tabela 6, estão apresentadas as médias de ganho em peso médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e peso de acordo com o período e as diferentes fontes e níveis de Zn avaliadas.

Tabela 6 – Médias e erros-padrão para ganho em peso médio diário (kg), conversão alimentar e peso final (kg) de acordo com os diferentes níveis e fontes de Zn subdividido em três períodos no confinamento de bovinos.

Tratamento	Período (28 dias)			Média
	1º. Período	2º. Período	3º. Período	
Ganho médio diário (kg)				
Controle	1,28±0,06aB	1,33±0,06aA	1,25±0,06aA	1,29±0,07
ZnMet 100%	1,38±0,06aAB	1,20±0,06aA	1,15±0,06aA	1,24±0,07
ZnMet 200%	1,55±0,06aA	1,29±0,06abA	1,16±0,06bA	1,33±0,07
ZnSO ₄ 200%	1,36±0,06aAB	1,32±0,06abA	1,08±0,06bA	1,25±0,07
Injetável	1,53±0,06aAB	1,43±0,06aA	0,75±0,06bB	1,24±0,07
Média	1,42±0,03	1,31±0,03	1,08±0,03	
Conversão alimentar				
Controle	7,74±0,74aA	7,81±0,74aA	8,92±0,74aB	8,09±0,48
ZnMet 100%	6,81±0,74bA	8,26±0,74abA	9,27±0,74 aB	8,11±0,48
ZnMet 200%	6,16±0,74bB	7,90±0,74abA	9,18±0,74 aB	7,75±0,48
ZnSO ₄ 200%	6,93±0,74bA	7,72±0,74bA	10,07±0,74 aB	8,24±0,48
Injetável	6,23±0,74Ba	7,12±0,74bA	13,54±0,74aA	8,96±0,48
Média	6,73±0,33	7,76±0,33	10,19±0,33	
Peso (g/kg ^{0,75})				
Controle	392,59±1,67cAB	430,91±1,67bA	466,36±1,67aA	430,29±6,88
ZnMet 100%	387,83±1,63cC	421,96±1,63bB	455,00±1,60aB	421,60±6,72
ZnMet 200%	394,58±1,66cA	430,63±1,60bA	464,17±1,60aA	429,79±6,58
ZnSO ₄ 200%	389,79±1,60cB	427,38±1,60bA	457,71±1,60aB	424,96±6,58
Injetável	395,21±1,60cA	430,96±1,60bA	456,88±1,60aB	427,68±6,58
Média	392,00±0,72	428,57±0,72	466,36±0,72	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem pelo teste Tukey (P < 0,10). Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna, diferem pelo teste Tukey (P < 0,10). Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

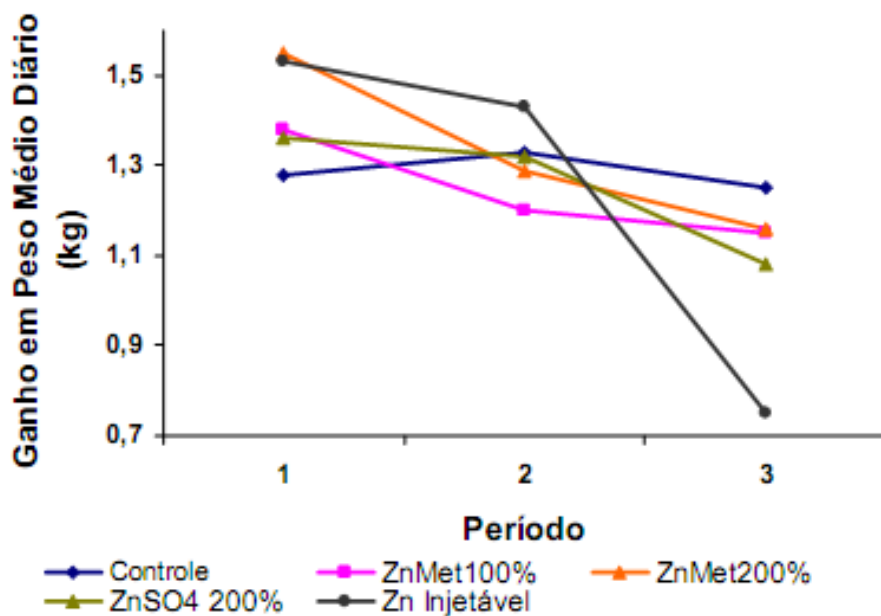
Os animais que receberam os tratamentos Zn orgânico em maior quantidade (ZnMet 200%) e Zn Injetável apresentaram GMD foram superiores (1,55 e 1,53 kg, respectivamente) no primeiro período, reduzindo no segundo e no terceiro período, enquanto que o tratamento controle, proporcionou um menor GMD no primeiro período, porém com menores oscilações entre o segundo e terceiro período, apresentando, numericamente, o maior GMD na última avaliação (terceiro período).

Os animais que receberam Zn Injetável, como explicado anteriormente, apresentaram o segundo maior GMD no primeiro período, caindo significativamente no último período, apresentando, numericamente, a menor média, 1,24 kg, juntamente com o grupo ZnMet 100%. O grupo ZnSO₄ 200% se manteve quase que constante nos dois primeiros períodos,

1,36 kg e 1,32 kg, respectivamente, e caindo no terceiro período, com GMD igual a 1,08 kg, inferior ao grupo controle.

Para a suplementação de Zn, a Figura 1 apresenta ganho em peso médio diário (kg) para os animais que receberam diferentes fontes e níveis de Zn, de acordo com o período de avaliação.

Figura 1. Ganho em peso médio diário (kg) de bovinos terminados em confinamento suplementados com diferentes fontes e níveis de Zn segundo período de avaliação.



Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Não houve diferença ($P = 0,4947$) entre os tratamentos para o GMD do período total. Pode ser observado que os bovinos do tratamento ZnMet 200% apresentaram, numericamente, a maior média de GMD, 1,33 kg seguido do tratamento controle, 1,29 kg, e do grupo Zn Injetável. Brown et al. (2004) não observaram diferenças significativas quanto ao GMD, embora tenham observado que o grupo controle (60 ppm de Zn) ganhou peso mais rapidamente, seguido do grupo que recebeu 90 ppm ZnSO₄ e por último o 90 ppm ZnMet.

Malcom-Calliset al. (2000) avaliando o crescimento de touros suplementados ou não com ZnSO₄ ou ZnMet, não observaram diferenças entre os tratamentos. Esta informação contradiz com os dados apresentados neste trabalho, pelo fato de não se tratar da mesma substância, o ZnMet, pois, o utilizado pelo Malcom-Calliset al., apresenta-se menos estável no ambiente ruminal.

Ressalta-se que o CMSD do grupo controle foi 2% maior que o grupo ZnMet 100%, e que o grupo controle apresentou, numericamente, o maior GMD, justificado pelo maior CMSD. O fato do grupo controle ter-se destacado, numericamente, juntamente com o ZnMet 200% quanto à média do GMD total, é justificado pela maior taxa de consumo expresso nas diferentes formas, enquanto os lotes tratados com ZnMet 100% e ZnSO₄ 200%, consumiram um pouco menos. Os GMDs variaram de acordo com o CMS, com grupos de maior CMS apresentando relativamente maiores GMD, o que leva a deduzir que neste experimento, o desempenho, medidos pelos ganhos diários, não foi influenciado diretamente pela suplementação com Zn, e sim pelo CMS.

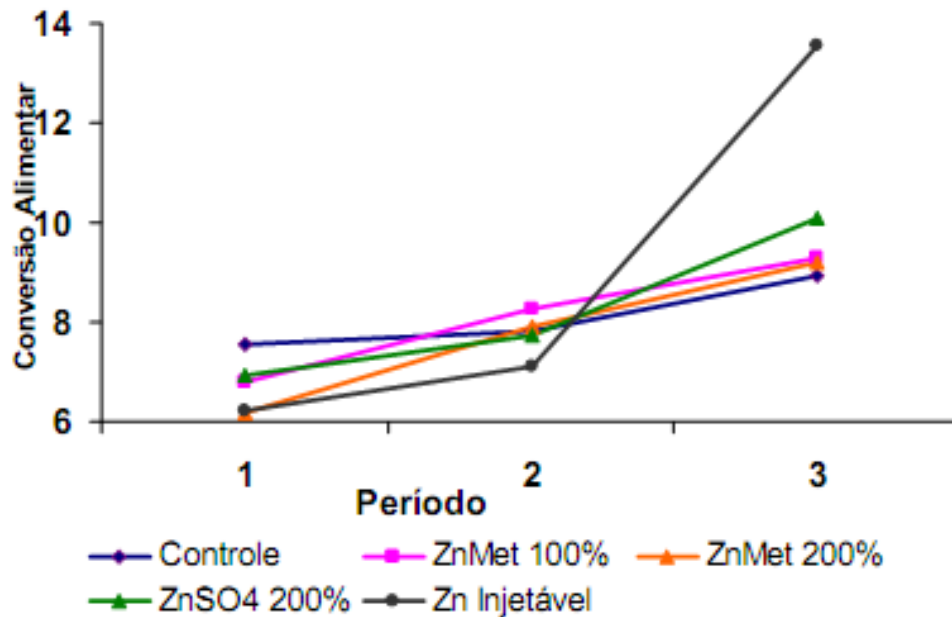
O fato do grupo Zn Injetável ter apresentado, numericamente, menor GMD, pode ser explicado por se tratar de uma via intramuscular, sem passagem pelo rúmen e sem absorção intestinal. Arelovich et al. (2000), enfatizam que o Zn ajuda a manter a atividade ruminal estendendo a síntese de proteína microbiana, pelo fato de fazer parte do metabolismo das bactérias ruminais.

Foi observada interação significativa entre períodos e tratamento ($P = 0,0419$) para conversão alimentar (CA). Assim como o GMD, o tratamento Zn Injetável apresentou a segunda melhor CA, 6,23 no primeiro período, enquanto que foi responsável pelo pior valor (13,54) no último período, diferindo significativamente dos demais tratamentos ($P < 0,10$).

Considerando os três períodos avaliados (1, 2 e 3), os valores da conversão alimentar de todos os tratamentos se elevaram com o avanço dos períodos de confinamento, que pode ser visualizada na Figura 2. Apesar de apresentar o pior valor no primeiro período, o grupo controle foi o que exibiu o menor valor de CA no terceiro período.

No período total, não foi observada influência ($P = 0,5483$) dos tratamentos sobre a CA. Malcom-Callis et al. (2000) não observaram diferenças na CA de bovinos em confinamento quando forneceram diferentes fontes de Zn, ZnMet e ZnSO₄ (30 ppm Zn). Na Figura 2, pode-se observar a CA dos animais no segundo período de avaliação.

Figura 2. Conversão alimentar de bovinos terminados em confinamento suplementados com diferentes fontes e níveis de Zn segundo período de avaliação.

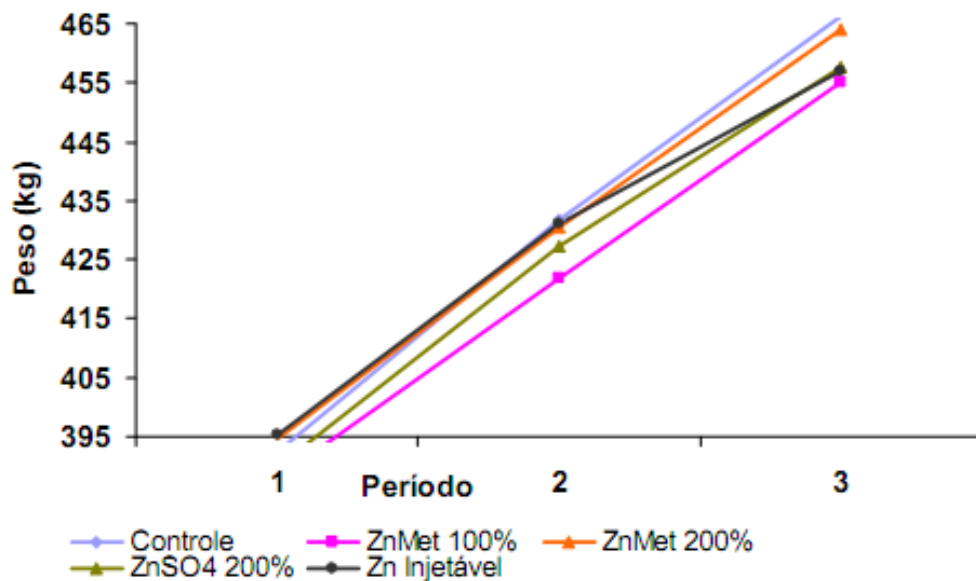


Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

O tratamento ZnMet 200%, apresentou, numericamente, melhor média (7,75) da CA, seguido do tratamento Controle (8,09). Esta incorporação de tecnologia representa 4% de melhora na CA, isto é, em termos de propriedade que visa a produção comercial, representa um lucro de 4% a mais na economia da alimentação para terminar um animal. O melhor tratamento, ZnMet 200%, foi seguido do Controle e do ZnMet 100% (8,10), o que indica que o ZnMet em maiores concentrações, pode beneficiar a economia em alimentação de um rebanho. Spears e Kegley(2002) observaram que a CA tendeu a melhor para o tratamento com maior concentração de Zn. Neste estudo, os piores resultados foram observados pelo Zn Injetável (8,96) seguido do ZnSO₄ 200% (8,24). BROWN et al. (2004), também observaram melhor CA do grupo ZnMet 200% (90 ppm), seguido do ZnSO₄ 200% (90 ppm) e por último o grupo Controle.

Foi observada interação ($P = 0,0257$) entre tratamento e período para peso dos animais. Os bovinos que receberam Zn Injetável que estavam com maior peso no primeiro e no segundo período, apresentaram segundo menor peso no final do experimento, causado pelo baixo GMD nesta última fase (Figura 3).

Figura 3. Peso de bovinos terminados em confinamento suplementados com diferentes fontes e níveis de Zn segundo período de avaliação



Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

O tratamento controle apresentou os melhores resultados, pois de terceiro maior peso no primeiro período passou para o maior peso no final do período experimental.

O grupo Controle que apresentava 1,99 kg a menos que o grupo ZnMet 200% no primeiro período, no segundo período tinha saldo positivo de 1,28 kg, passando para 2,19 kg a mais no terceiro período.

3.2 Biodisponibilidade

Os tratamentos e os dia de colheita influenciaram significativamente ($P < 0,0001$) a eliminação do Zn pelas fezes, e que ocorreu também interação entre estes dois fatores ($P < 0,0001$).

Na Tabela 7 são apresentadas a quantidade de Zn eliminada nas fezes dos animais.

Tabela 7 – Médias e erros-padrão estimados pelo método dos quadrados mínimos da quantidade de Zn (mg/kg matéria seca ingerida- MSI) eliminada pelas fezes de bovinos confinados suplementados com diferentes fontes e níveis deste mineral*.

Tratamento	Dia da coleta			Médias
	0	28	54	
Controle	141,79±15,96aA	103,81±15,96aAB	129,18±17,24aB	124,93±9,47
ZnMet 100%	142,88±15,96aA	104,73±15,96aAB	171,75±17,24aB	154,73±9,47
ZnMet 200%	106,97±15,96bA	171,51±18,89bAB	275,77±14,93aA	184,75±9,63
ZnSO ₄ 200%	144,56±17,24aA	185,58±15,96bA	269,65±14,93aA	199,93±9,28
Injetável	133,58±18,89aA	90,01±15,96bB	124,18±18,89aB	116,07±10,37
Média	133,96±7,53	140,13±7,42	194,19±7,48	

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na linha, diferem pelo teste Tukey ($P < 0,10$).

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna, diferem pelo teste Tukey ($P < 0,10$).

* Consumo médio diário: 10,02 kg de MSI.

Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Em fezes de ratos suplementados com Zn, Silva et al. (2002) observaram que a Bismetionina de Zn apresentou melhor absorção aparente comparada ao ZnSO₄.

Como pode ser observado na Tabela 7, os grupos ZnMet 200% e ZnSO₄ 200% apresentaram um significativo aumento da excreção de Zn na última fase do período de confinamento, o que sugere que tenham atingido o equilíbrio homeostático deste elemento no organismo, enquanto o grupo ZnMet 100% não apresentou este equilíbrio após acrescentar o Zn na dieta. O fato do tratamento ZnSO₄ 200% e ZnMet 200% apresentar um aumento na excreção após a suplementação (dia 28), indica que o que está sendo suplementado não está sendo totalmente aproveitado pelo animal, sendo parte eliminada pelas fezes.

A maior concentração média de Zn nas fezes ($P < 0,0001$) foi observada no grupo ZnSO₄ 200%, embora não tenha diferido do grupo ZnMet 200%. Estes dois grupos diferiram do ZnMet 100%, que apresentaram maior eliminação de Zn que o grupo Controle seguido do Zn Injetável. O grupo ZnSO₄ 200% apresentou 41,95% a mais de Zn nas fezes quando comparado ao grupo Zn Injetável, 37,51% superior ao grupo Controle, e 22,01% em relação ao ZnMet 200%. A maior concentração de Zn nas fezes (ZnSO₄ 200% e ZnMet 200%) pode

ser explicado pela maior concentração de Zn na dieta (200% acima do recomendado pelo NRC, 1996), seguido do grupo que continha 100% acima do nível recomendado.

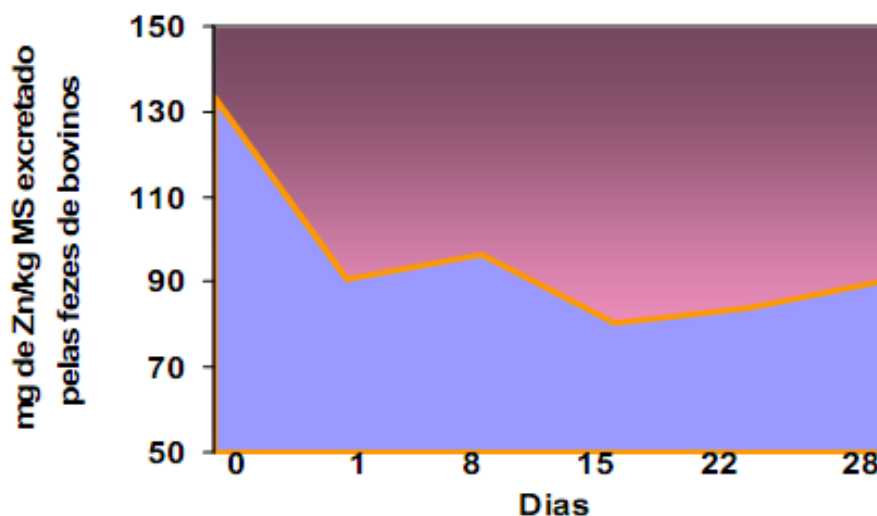
Os resultados das análises indicam que o fornecimento de maior concentração de Zn na dieta, independente da fonte do mineral, confere uma maior eliminação pelas fezes, pois o controle homeostático no organismo é exercido conforme as necessidades por meio da regulação da absorção de Zn.

A eliminação de Zn nas fezes, do grupo Zn Injetável 28 dias após a primeira aplicação, foi reduzida significativamente ($P < 0,0001$), posteriormente apresentando um aumento na quantidade eliminada, resultando em valores médios inferiores aos demais tratamentos, representando 58,065% da excreção média do grupo de maior excreção, o ZnSO₄ 200%.

Segundo revisão realizada por Underwood (1977), quando o Zn é administrado oralmente, em touros, é encontrado nas fezes 70% deste Zn, e quando a administração é intravenosa, aparentemente 20% de Zn desta via é encontrado nas fezes.

Na Figura 4 pode ser observado o perfil da quantidade de Zn excretado pelas fezes de bovinos já adaptados à dieta alimentar contendo 48,27 mg de Zn/kg MSI, cuja quantidade atende às exigências de bovinos de corte conforme recomendação do NRC (1996). Estes animais receberam 125,5 mg de Zn Injetável da fonte glicinato de Zn. O comportamento representado pela excreção do Zn foi significativo tanto para o modelo linear ($P = 0,0091$) como para o modelo quadrático ($P = 0,0248$).

Figura 4 - Curva da excreção fecal de Zn em bovinos confinados com dieta contendo 48,27 mg de Zn/kg MSI mais uma aplicação intramuscular de glicinato de Zn, correspondente a 125,5 mg de Zn.



Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

Na Tabela 8 estão apresentadas as médias das concentrações de Zn no músculo, couro e fígado, e o peso do fígado utilizados para avaliação da biodisponibilidade do elemento Zn fornecido pelas diferentes fontes e concentração.

Tabela 8 – Médias e erros-padrão para concentração de Zn no músculo, no couro e no fígado em mg/Kg de matéria seca (MS), e o peso do fígado em kg, de acordo com as diferentes fontes e níveis deste elemento.

Tratamentos	Concentração mg de Zn/kg MS			Peso do fígado (kg)
	Músculo	Couro	Fígado	
Controle	145,36±75,81	46,21±7,14AB	131,76±7,60B	3,50±0,28B
ZnMet 100%	175,38±87,43	39,29±13,57AB	153,90±7,97AB	4,69±0,28A
ZnMet 200%	108,11±91,23	37,29±9,16AB	164,96±9,77A	4,87±0,28A
ZnSO ₄ 200%	124,50±83,61	36,30±8,69B	151,24±8,33AB	4,44±0,33A
Injetável	250,46±104,72	61,66±7,68A	155,59±9,42AB	4,63±0,28A

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna, diferem pelo teste 't' (P < 0,10).
Fonte: Autores (Goiânia-GO, 2005).

O nível médio de Zn no *Longissimus dorsi* de bovinos é de 69 ppm na matéria seca (Underwood, 1977), que observou uma concentração de Zn neste mesmo músculo, no grupo controle, de 145,36 mg de Zn/kg MS.

A forma de Zn aplicada diretamente no músculo, que não passa pela etapa de absorção no intestino, apresentou, numericamente, maior concentração, 250,46 mg de Zn/kg MS de Zn no músculo. O grupo ZnMet 200% apresentou menor concentração (108,11 mg de Zn/kg MS) que o grupo controle (145,36 mg de Zn/kg MS), e este menor que o ZnMet 100% (175,38 mg de Zn/kg MS). O tratamento ZnSO₄ 200% resultou em 124,50 mg Zn/kg MS, superando apenas o ZnMet 200% (108,11 mg de Zn/Kg de MS). Esta variação de valores pode ser explicada pelo alto Coeficiente de Variação (C.V.).

Conforme Tramonte (1996) nenhum tecido é um bom indicador do estado de Zn no organismo, pois a sua meia-vida biológica depende do “turnover” do próprio tecido, portanto, o conteúdo de Zn em tecidos com um “turnover” lento, tais como o músculo, dará menos informações sobre mudanças agudas no seu suprimento se comparados com tecidos de meias-vidas menores, como as plaquetas.

A concentração de Zn no couro foi influenciada (P < 0,10) pela suplementação. A fonte de Zn inorgânica, ZnSO₄, resultou em menor concentração de Zn no couro, 36,30 mg de Zn/kg MS, diferindo do grupo Zn Injetável, 61,66 mg de Zn/kg MS. O grupo ZnSO₄ 200% não diferiu do grupo Controle, ZnMet 100% e ZnMet 200% (46,21, 39,29 e 37,29 mg de

Zn/kg MS, respectivamente). Estes valores indicam que a forma inorgânica é a que mostrou menor disponibilidade quanto à distribuição nos tecidos. Estas informações não estão de acordo com Underwood (1977), que afirmou que a fração do Zn nos pêlos não é refletida pelo Zn ingerido na dieta, e que o aumento do nível deste elemento nos tecidos só ocorre em dietas contendo acima de 500 ppm de Zn. Foi observado que o grupo Zn Injetável apresentou, numericamente, a maior média, embora não tenha mostrado diferença significativa comparadas aos grupos controle e ZnMet.

Nesse caso, observa-se que o Zn Injetável é a forma mais biodisponível para o animal, já que está mais bem distribuído aos tecidos. Esta melhor distribuição pode ser explicada pelo fato de não passar pela fase de absorção, sendo independente da proteína albumina transportadora para ingressar no corpo, por ser aplicada diretamente no músculo (Bribiesca et al, 2017), o que foi a teoria aceita pelos autores do presente trabalho.

4. Considerações Finais

O consumo de Matéria Seca diminui com o aumento de zinco na dieta. O Ganho Médio de Peso na fase inicial do confinamento é maior com a suplementação de zinco. A Conversão Alimentar na fase inicial do confinamento é mais eficiente com a ingestão de zinco orgânico.

A biodisponibilidade de zinco é influenciada pela forma de administração. Zinco injetável concentra na pele e ingerido concentra no fígado. O fígado apresenta um peso maior em animais suplementados com zinco na dieta ou injetável. Na fase final do confinamento, altas ingestões de zinco aumentam a eliminação de zinco nas fezes.

Referências

- Bombardelli, J. A., Reis, G. A., Lupatini, C. G., Kogika, M. M., & Benesi, F. J. (2018). Avaliação da zincoprotoporfirina (ZPP) em ruminantes domésticos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(4), 1135-1140 .<https://doi.org/10.1590/1678-4162-10149>
- Bribiesca, E. R., Casas, R. L., Monterrosa, R. G. C., Pérez, A. R. (2017). Supplementing selenium and zinc nanoparticles in ruminants for improving their bioavailability meat. *Nutrient Delivery Nanotechnology in the Agri-Food Industry*.

Brondani, I. L., Sampaio, A. A. M., Restle, J., Rosa, J. R. P., Santos, S. V. M., Fernandes, M. S., Garagorry, F. C., Heck, I. (2004). Desempenho de bovinos jovens das raças Aberdeen Angus e Hereford, confinados e alimentados com dois níveis de energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.2308-2317.

Brown, M. S., Chochran, E. M., Drager, C. D. (2004). Influence of zinc on feedlot Performance and carcass characteristics of steers. *West Texas A&M university*. Canyon http://animalscience.tamu.edu/ansc/beef/bcrt/2004/brown_1.pdf.

Cao, J., Henry, P. R., Guo, R., Holwerda, R. A., Toth, J. P., Littell, R. C., Miles, R. D., Ammerman, C. B. (2000). Chemical Characteristics and Relative Bioavailability of Supplemental Organic Zinc Sources for Poultry and Ruminants. *Journal of Animal Science*.

Conrad, J. H., McDowell, L. R., Ellis, G. L., Loosli, J. K. (1985). *Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais*. Universidade da Flórida. Gainesville. (Traduzido por Euclides. V.P.B. CNPQC-Embrapa.). 91p.

Costa, E. C., Restle, J., Pascoal, L. L., Vaz, F. N., Alves Filho, D. C., Arboitte, M. Z. (2002). Desempenho de novilhos Red Angus super precoces, confinados e abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.129-138.

Henriques, G. S. H., Hiroiuki, M., Cozzolino, S. M. F. (2003). Aspectos recentes da absorção e biodisponibilidade do zinco e suas correlações com a fisiologia da isoforma testicular da Enzima Conversora de Angiotensina. *Revista de Nutrição*, 16(3), 333-345. <https://doi.org/10.1590/S1415-52732003000300011>

Luchiari Filho, A. (2000). *Pecuária da carne bovina*. 1ª ed. São Paulo. 134p.

Malcom-Callis, K. J.; Duff, G. C.; Gunter, S.A., Kegley, E. B., Vermeire, D. A. (2000). Effects of supplemental zinc concentration and source on performance, carcass characteristics, and serum values in finishing beef steers. *Journal Animal Science*. n.78, p.2801-2808.

NRC. National Research Council. (1996). *Nutrient requirements of beef cattle*. 7 ed.

Washington: D.C. 232p.

Pereira, A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:

https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Poczynek, M. (2019). *Diferentes teores de FDN na dieta sólida de bezerras leiteiras: efeitos no desempenho, metabolismo e comportamento*. Master's Dissertation, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, doi:10.11606/D.11.2019.tde-11072019-144950.

Restle, J., Neuman, M., Brondani, I. L., Alves Filho, D. C., Bernardes, R. A. C., Arboite, M. Z., Rosa, J. R. P. (2002). Manipulação do corte de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) para confecção de silagem, visando a produção do novilho super precoce. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.31, n3, p.1481-1490, (suplemento).

Rojas, L. X., Mcdowell, L. R., Cousins, R. J., Martin, F. G., Wilkinson, N. S., Johnson, A. B., Velasquez, J. B. (1995). Relative Bioavailability of organic and two inorganic zinc sources fed to sheep. *Journal Animal Science*. n.73, p.1202-1207.

Singh, H., Grewal, R. S., Simarjeet, K., Kaur, j., Singh, K., Lamba, J. S., Malhotra, P. (2018). Effect of Organic Cu and Zn on the Performance of Pre-Ruminant Buffalo Calves. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*.

Silva, D. J. (1990). *Análise de Alimentos (métodos químicos e biológicos)*. Viçosa/MG. Imprensa Universitária. 156p.

Silva, N. C. D., Martins, T. L. T., Borges, I. (2017). Efeito dos microminerais na alimentação de ruminantes. *Ciência Animal*, v. 27, n. 1, p. 75-98.

Silva, F. A. (2017). *Avaliação do consumo e determinação da mobilidade mineral em bovinos suplementados com fontes quelatadas e inorgânicas de microminerais*. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais.

Spears, J. W.; Kegley, E. B. (2002). Effect of zinc (source oxide vs zinc proteinate) and Level on performance, carcass characteristics, and immune response of growing and Finishing steers. *Journal Animal Science*. n.80, p.2747-2752.

Tonin, M. H. N. (2019). *Modelo de programação linear aplicado a redução de custo na formulação de ração para nutrição de bovinos*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Tramonte, V. L. C. G. (1996). Importância do zinco na nutrição humana. *Revista Ciência e Saúde*. Florianópolis, v.15, n. 1 e 2, p.204-219, jan/dez.

Underwood, E. J. (1977). *Zinc in animal tissues and fluids. Trace elements in human and animal nutrition*. 4. ed. New York: Academic Press. p.196-232.

Valadares, R. F. D., Gonçalves, L. C. Rodrigues, M. N., Sampaio, I. B. M., Valadares Filho, S. C., Queiroz, A. C. (1997). Níveis de Proteína em Dietas de Bovinos. 1. Consumo e Digestibilidades Aparentes Totais e Parciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 26, n. 6, p.1252-1258.

Venturini, R. S., Carvalho, S., Pires, C. C., Pacheco, P. S., Pellegrin, A. C. R. S., Moro, A. B., Lopes, J. F., Martins, A. A., Bernardes, G. M. C., Simões, R. R., Menegon, A. L., Motta, J. H. (2016). Consumo e desempenho de cordeiros e borregos alimentados com dietas de alto concentrado de milho ou sorgo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68(6). <https://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8856>

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Cristiane Amorim Fonseca Alvarenga – 50%

João Teodoro Pádua – 10%

Aparecido Ribeiro de Souza – 10%

Graciele Araújo de Oliveira – 10%

João Restle – 10%

Reginaldo Nassar Ferreira – 10%