

Níveis e fontes de manganês sobre o desempenho e a resistência óssea em frangos de corte

Levels and sources of manganese on bone performance and resistance in broilers

Niveles y fuentes de manganeso sobre el rendimiento y la resistencia ósea en pollos de engorde

Recebido: 21/02/2021 | Revisado: 28/02/2021 | Aceito: 03/03/2021 | Publicado: 11/03/2021

Guilherme Santos Bassi

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3922-8339>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: gbassi181@gmail.com

Leonardo José Carmargos Lara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1025-4605>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: leolara@vet.ufmg.br

Itallo Conrado Sousa Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8882-3180>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: italloconradovet@gmail.com

Vanusa Patrícia de Araújo Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3607-2669>
Universidade Federal de São João Del Rei, Brasil
E-mail: vanpaf@ufsj.edu.br

Hítalo José Santos Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7549-6045>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: hitalojbs@hotmail.com

Lorena Salim de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0350-0943>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: lorenassalim@hotmail.com

Bruno Teixeira Antunes Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8435-5794>
Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil
E-mail: brunotac92@gmail.com

Resumo

O objetivo desse estudo foi determinar o nível ideal de suplementação de manganês (Mn) para frangos de corte. Foram realizados dois experimentos, um avaliando uma fonte quelatada (aminoacídico) e o outro uma fonte inorgânica (óxido) que garanta melhor desempenho e qualidade óssea necessária, para suportar o processo de crescimento, pega, transporte e abate. O período experimental foi de um a 35 dias de idade das aves, onde foram utilizados 1260 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®]. Os tratamentos foram definidos pela suplementação de 0, 35, 70, 105 mg de Mn/kg de ração na forma inorgânica ou quelatada do mineral. A ocorrência de lesões ou fraturas ósseas foi observada desde a apanha das aves até a linha de abate e não foi observada nenhuma incidência de lesões ósseas. As estimativas da exigência de Mn para frangos de corte para a máxima concentração desse micromineral e do Ca no fêmur foram, respectivamente, 57,36 mg de Mn/kg e 81,07 mg/kg de suplementação na forma inorgânica. Para os níveis de suplementação do Mn quelatado, a estimativa da exigência foi de 73,13 mg de Mn/kg para a máxima concentração de Ca no fêmur, não apresentando diferenças para a concentração de Mn nesse mesmo tecido ósseo. Os demais parâmetros de desempenho e qualidade óssea avaliada não apresentaram diferenças para ambas as fontes estudadas. Portanto, não há necessidade de suplementação de Mn em uma dieta a base de milho e farelo de soja, para frangos de corte.

Palavras-chave: Desempenho; Qualidade óssea; Óxido de manganês; Manganês aminoacídico.

Abstract

The aim of this study was to determine the ideal level of manganese (Mn) supplementation for broilers. Two experiments were carried out, one evaluating a chelated source (amino acid) and the other an inorganic source (oxide) that guarantees better performance and bone quality necessary to support the process of growth, handling, transport, and slaughter. The experimental period was from one to 35 days old, where 1260 male broilers of the Cobb[®] strain were used. The treatments were defined by supplementing 0, 35, 70, 105 mg of Mn / kg of feed in inorganic or

chelated form of the mineral. The occurrence of injuries or bone fractures was observed from the birds' catch to the slaughter line and no incidence of bone injuries was observed. The estimates of the Mn requirement for broilers for the maximum concentration of this micromineral and Ca in the femur were, respectively, 57,36 mg of Mn / kg and 81,07 mg / kg of supplementation in inorganic form. For the chelated Mn supplementation levels, the requirement estimate was 73,13 mg Mn / kg for the maximum Ca concentration in the femur, with no differences for the Mn concentration in that same bone tissue. The other performance parameters and bone quality evaluated showed no differences for both sources studied. Therefore, there is no need to supplement Mn in a diet based on corn and soybean meal for broilers.

Keywords: Performance; Bone quality; Manganese oxide; Amino acid manganese.

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el nivel ideal de suplementación con manganeso (Mn) para pollos de engorde. Se realizaron dos experimentos, uno evaluando una fuente quelatada (aminoácido) y el otro una fuente inorgánica (óxido) que garantiza un mejor desempeño y calidad ósea necesaria, para apoyar el proceso de crecimiento, manipulación, transporte y sacrificio. El período experimental fue de uno a 35 días de edad, donde se utilizaron 1260 pollos machos de la estirpe Cobb®. Los tratamientos se definieron suplementando 0, 35, 70, 105 mg de Mn / kg de pienso en forma inorgánica o quelatada del mineral. Se observó la ocurrencia de lesiones o fracturas óseas desde la captura de las aves hasta la línea de sacrificio y no se observó incidencia de lesiones óseas. Las estimaciones del requerimiento de Mn para pollos de engorde para la concentración máxima de este micromineral y Ca en el fémur fueron, respectivamente, 57,36 mg de Mn/kg y 81,07 mg/kg de suplementación en forma inorgánica. Para los niveles de suplementación con Mn quelado, el requerimiento estimado fue de 73,13 mg Mn/kg para la concentración máxima de Ca en el fémur, sin diferencias para la concentración de Mn en ese mismo tejido óseo. Los demás parámetros de rendimiento y calidad ósea evaluados no mostraron diferencias para ambas fuentes estudiadas. Por lo tanto, no es necesario complementar el Mn en una dieta a base de maíz y harina de soja para pollos de engorde.

Palabras clave: Rendimiento; Calidade ósea; Óxido de manganeso; Aminoácido manganeso.

1. Introdução

O desenvolvimento genético das linhagens atuais de frangos de corte resultou em animais com excelente desempenho produtivo, portanto é de extrema importância a constante atualização das exigências dos minerais na dieta dessas aves visando um bom desempenho e resistência óssea. Dentre os minerais, destaca-se a importância dos microminerais na nutrição das aves modernas, pois são elementos essenciais que atuam em processos metabólicos no organismo animal. (Pacheco et al., 2019).

Dos microminerais que são suplementados na dieta para frangos de corte, o manganês (Mn) é um importante elemento que atua na formação óssea, como ativador enzimático e em outros processos metabólicos (Olgun, 2017). O Mn é suplementado na ração das aves predominantemente na sua fonte inorgânica, a qual possui biodisponibilidade relativamente baixa e parte deste mineral é excretada nas fezes, não sendo absorvida pelo sistema digestivo. Como alternativa, a fonte quelatada vem sendo utilizada em substituição à inorgânica, pois possui melhor biodisponibilidade, por não formar complexos indesejáveis com outros compostos no lúmen intestinal, melhorando a absorção do Mn (Gheisari et al., 2011; Olgun, 2017).

A suplementação de Mn quelatado para frangos de corte tem como objetivo otimizar a biodisponibilidade desse elemento para que se tenha melhor absorção e conseqüentemente, uma eficiente mineralização óssea das aves. A importância da mineralização óssea se dá na conformação dos ossos desses animais, de modo que eles sustentem seu peso e evite problemas ósseos no processo de abate. Nesse processo, as aves devem suportar o momento da apanha, onde são pegas e aglomeradas nas caixas de transporte, bem como o percurso até o abatedouro, quando serão introduzidas na linha de abate. O manejo no abatedouro inicia com a pendura das aves nas nórias, onde os animais deficientes em mineralização óssea podem sofrer contusões ou fraturas nos ossos longos da perna, os quais são responsáveis por suportar todo o peso corporal dos frangos na linha de abate. Assim sendo, uma boa conformação óssea dessas aves é fundamental para que evite contusões ou fraturas ósseas que irão condenar a carcaça no abatedouro (Baldo, 2018).

Dessa forma, objetivou-se determinar o nível ideal de suplementação de Mn para frangos de corte, na forma inorgânica (MnO; monóxido de Mn) e quelatada (aminoácido) que garanta o desempenho animal e a qualidade óssea necessária, para suportar o processo de crescimento, pega, transporte e abate.

2. Metodologia

Os procedimentos experimentais descritos nessa pesquisa foram aprovados pela comissão de ética no uso de animais (CEUA; Committee for Ethics in the Use of 60 Animals) sob o protocolo nº 214/2019.

Foram conduzidos dois experimentos, simultaneamente, utilizando 1260 frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500®. O delineamento experimental para ambos os experimentos foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. O período experimental foi de um a 35 dias de idade das aves. Foram alojadas 30 aves por boxe experimental (12 aves/m²), com um bebedouro pendular e um comedouro tubular. Durante os primeiros 14 dias de idade, as aves receberam 24 horas de luz artificial (em função da Lâmpada de 250 W do aquecimento), passando a receber iluminação natural a partir dessa idade até o final do experimento. A ração e a água foram fornecidas a vontade.

Foram realizados dois experimentos com três tratamentos e seis repetições de 30 aves em cada, mais um tratamento controle com seis repetições de 30 aves em cada. A dieta basal a base de milho e farelo de soja (Tabela 1) foi formulada para atender as exigências dos frangos de corte na fase inicial e de crescimento, conforme as exigências preconizadas pelo manual da Cobb 500 (2018), exceto para Mn.

Tabela 1. Composição da dieta basal para os dois experimentos.

Ingredientes	Ração Basal (%)	Ração Basal (%)	Manganês (mg/kg)*
	Inicial (um a 20 dias)	Crescimento (21 a 35 dias)	
Milho	59,276	67,804	6,89
Farelo de Soja 45,5% PB	30,347	23,313	35,83
Farinha de Carne e Ossos 48%	6,418	5,333	7,91
Óleo de soja	2,321	2,000	
Sal comum	0,375	0,400	
Calcário	0,046	0,093	
DL – Metionina	0,350	0,300	
L – Lisina	0,268	0,250	
L – Treonina	0,143	0,057	
Suplemento vitamínico/mineral ^{1,2}	0,400	0,400	
Anticoccidiano ³	0,050	0,050	
Aditivo melhorador de desempenho ⁴	0,006	0,000	
Total	100,00	100,00	
Composição calculada			
Energia Met. Aves kcal/kg	3.046	3.122	
Proteína Bruta %	22,00	19,00	
Cálcio %	0,97	0,83	
Fósforo disponível %	0,49	0,41	
Manganês mg/kg	12,82	11,04	
Lisina digestível %	1,22	1,02	
Metionina digestível %	0,64	0,55	
Met + Cis digestível %	0,91	0,79	

¹Conteúdo/kg para ambas as rações: Fe – 12500 mg, Cu – 1875 mg, I – 250 mg, Se – 50 mg, Zn – 12500 mg.

²Conteúdo/kg para a ração inicial: Vit. A – 2.000.000 UI, Vit. B1 – 600 mg, Vit. B2 – 1500 mg, Vit. B6 – 1000 mg, Vit. B12 – 3500 mg, Vit. D3 – 5.000.000 UI, Vit. E – 2.750 UI, Vit. K3 – 500 mg, Ácido Fólico – 250 mg, Ácido Pantotênico – 3750 mg, Ácido Nicotínico – 10000 mg. ²Conteúdo/kg para a ração crescimento: Vit. A – 1.500.000 UI, Vit. B1 – 350 mg, Vit. B2 – 1000 mg, Vit. B6 – 500 mg, Vit. B12 – 2500 mg, Vit. D3 – 375.000 UI, Vit. E – 2.250 UI, Vit. K3 – 375 mg, Ácido Fólico – 150 mg, Ácido Pantotênico – 2750 mg, Ácido Nicotínico – 7500 mg.

³Monensina

⁴Enradin

*Manganês analisado por meio da leitura dos ingredientes no espectrofotômetro de absorção atômica. Produtos utilizados para suplementação de Mn: Fonte inorgânica: Monóxido de manganês (MnO), concentração de Mn de 550g/kg, natureza física: pó, lote: 10/19, fabricação: 28/05/2019, validade: 28/05/2022. Fonte quelatada: manganês aminoacídico quelatados, aditivo nutricional resultante da quelação de sais solúveis de manganês com aminoácidos e proteína parcialmente hidrolisados. Concentração de Mn: 160g/kg. Natureza física: pó, lote: 003190721BC1, fabricação: 21/07/2019, validade: 21/07/2021. Fonte: Autores (2020).

Os tratamentos foram definidos com base em níveis suplementares de Mn recomendados pela literatura (Saldanha et al., 2020), através da dieta basal suplementada com 0 (grupo controle), 35, 70 e 105 mg de Mn/kg nas formas inorgânica ou quelatada do mineral. As concentrações de Mn analisadas nas rações, de acordo com o nível de suplementação e a fase de criação das aves estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Concentração de Mn analisado nas rações experimentais testadas, suplementadas com monóxido de Mn (MnO) e manganês aminoacídico.

Fontes de Mn	Mn adicionado (mg/kg)	Mn analisado (mg/kg) Ração inicial	Mn analisado (mg/kg) Ração crescimento
Controle	0	12,75	13,84
MnO	35	56,87	42,94
	70	87,45	72,06
	105	92,30	88,69
Mn aminoacídico	35	42,77	3,04
	70	81,88	75,16
	105	100,00	106,71

Fonte: Autores (2020).

Em ambos os experimentos a mortalidade foi registrada durante todo o período experimental e as aves foram pesadas quinzenalmente ao 1, 7, 21 e 35 dias de idade. Os dados de desempenho avaliados foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar, viabilidade e índice de eficiência produtiva.

Aos 35 dias de idade, 168 aves sendo, 24 aves de cada tratamento, quatro por repetição, foram separadas pela média de peso da repetição, anilhadas na asa, onde cada tratamento foi identificado por uma cor diferente da anilha. As aves identificadas foram destinadas para um abatedouro comercial, obedecendo aos manejos de abate realizados nas granjas comerciais.

No momento da apanha, as aves anilhadas foram pegadas individualmente pelo dorso e colocadas dentro das caixas de transporte, identificadas pela cor de cada tratamento, onde cada caixa recebeu seis aves. Após o manejo da apanha, as caixas com as aves foram acomodadas em um caminhão não climatizado e foram destinadas ao abatedouro. O transporte da granja até o abatedouro foi de aproximadamente, quatro horas.

No abatedouro, as aves ficaram ainda dentro do caminhão no pátio de espera por aproximadamente uma hora, para então serem introduzidas na linha de abate, sendo observados todos os processos, para identificação de alguma contusão ou lesão traumática nos ossos. A incidência de contusão ou lesão traumática nos ossos no abatedouro foi obtida por meio da observação e anotações de possíveis casos, desde o momento em que as aves foram dependuradas nas nórias, passando pelas etapas de imobilização, sangria, escalda, depenagem, até o corte dos pés. Em seguida, as duas coxas e sobrecoxas, de cada ave anilhada, foram coletadas para obtenção da tíbia esquerda, fêmur direito e esquerdo.

O índice de Seedor foi obtido por meio da divisão do peso dos ossos da tíbia (mg) por seu comprimento (mm), conforme proposto por Seedor (1993), como indicativo da densidade óssea.

Para a determinação da porcentagem de cinzas presente no fêmur esquerdo, foi realizada a extração lipídica nos ossos por imersão em éter de petróleo e o teor de cinzas foi obtido por calcinação em mufla a 600°C, durante seis horas (Silva e Queiroz, 2002). As cinzas dos ossos foram utilizadas para fazer a solução padrão e determinar a porcentagem de Mn pelo espectrofotômetro de absorção atômica (Silva e Queiroz, 2002) e para determinação de cálcio (Ca) e fósforo (P) de acordo com os procedimentos da AOAC (2010).

As amostras de tíbia esquerda foram submetidas a ensaio mecânico de resistência, utilizando máquina universal de

ensaio EMIC®, modelo DL 3000, com carga aplicada à velocidade de 5 mm/min. e célula de carga de 2000 N em ensaio de flexão de três pontos, sendo a região central do osso (diáfise) selecionada para aplicação da carga.

As análises estatísticas das variáveis estudadas foram realizadas utilizando-se o programa computacional software R (2019), sendo os níveis de suplementação de Mn obtidos por meio dos modelos de regressão linear ou quadrático, conforme o melhor ajuste dos dados. As variáveis que violaram o princípio da normalidade ou de homogeneidade de variância foram comparadas com o teste de Kruskal-Wallis. Todas as significâncias foram baseadas em $P < 0,05$.

3. Resultados

3.1 Suplementação com a fonte inorgânica (MnO)

A baixa concentração de Mn encontrada pela análise no MnO, 487,1 g de Mn/kg em sua composição analisada, quando comparado ao valor da concentração do mesmo mineral que consta no rótulo do produto, 550g/kg, justifica os baixos valores encontrados de Mn analisado em cada ração (inicial e crescimento) (Tabela 2).

Os níveis de Mn suplementados na dieta na forma de MnO não afetaram ($P > 0,05$) o desempenho dos frangos de corte no período de 1 a 35 dias de idade (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho de frangos de corte machos, no período de um a 35 dias com diferentes níveis de suplementação de MnO.

Níveis de Mn (mg/kg)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g:g)	Viabilidade (%)	Índice de eficiência produtiva
0	3793	2560	1,48	92,78	459,41
35	3863	2580	1,50	95,56	470,43
70	3799	2550	1,49	96,67	473,49
105	3838	2580	1,49	95,56	472,89
Valor de P				Kruskal-Wallis*	
Linear	0,6436	0,8466	0,818	0,414	0,4053
Quadrática	0,8156	0,8590	0,528		0,6171

*Teste de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Fonte: Autores (2020).

Não foi observada nenhuma incidência de contusões ou rompimento dos ossos desde a apanha das aves, transporte para o abatedouro, finalizando com o processo na linha de abate. O índice de Seedor, concentração de cinzas ósseas, concentrações de P no fêmur e resistência óssea não diferiram ($P > 0,05$) entre os níveis de suplementação de Mn, com a fonte inorgânica (Tabela 4).

Tabela 4. Qualidade óssea em frangos de corte machos, suplementados com diferentes níveis de MnO.

Níveis de Mn (mg/kg)	Índice de Seedor	Cinzas ósseas (%) ¹	MnF* (mg/kg) ¹	CaF* (%) ¹	PF* (%) ¹	Resistência óssea (kgf)
0	201,78	53,14	5,03	24,12	3,47	19,56
35	209,41	52,58	7,45	20,44	6,73	20,12
70	205,92	51,26	7,21	20,65	5,44	21,87
105	206,09	52,04	5,97	15,63	4,61	20,60
Valor de P						
Linear	0,553	0,413	0,279	0,003	0,604	0,219
Quadrática	0,311	0,629	<0,001	0,011	0,054	0,274

¹Com base na matéria seca desengordurada.

*MnF: concentração de manganês no fêmur, CaF: concentração de cálcio no fêmur, PF: concentração de fósforo no fêmur. Fonte: Autores (2020).

Houve efeito do nível dietético suplementar para a concentração de Mn no fêmur ($P < 0,05$; Tabela 4), onde o melhor ajuste foi o quadrático, com nível ótimo estimado de 57,36 mg de Mn/kg (Tabelas 4 e 5) para maior concentração de Mn no osso. Para as concentrações de Ca no fêmur esquerdo, houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre os níveis de suplementação do Mn na dieta, onde o modelo linear foi o de melhor ajuste, devido ao maior valor de R² e comportamento dos dados (Tabela 5). O efeito decrescente do modelo linear sugere que à medida que aumenta a suplementação de Mn na dieta, a concentração de Ca no fêmur reduz.

Tabela 5. Equações de regressão e estimativa da exigência de MnO de acordo com o modelos de regressão quadrático ou linear para as variáveis que foram significativas ($P < 0,05$).

	Modelo	Equação	Estimativa da exigência	Valor de P	R ²
Concentração de Mn no fêmur	Quadrático ¹	$y = 5,116 - 0,08571x - 0,000747x^2$	57,36	<0,001	0,963

¹ Modelo de regressão polinomial quadrática: $y = \beta_0 + \beta_1 \times x + \beta_2 \times x^2$, onde y é a variável dependente, x é a concentração de Mn na dieta e β_0 é o intercepto, β_1 e β_2 são os coeficientes lineares e quadráticos, respectivamente. Fonte: Autores (2020).

3.2 Suplementação com a fonte quelatada (Mn aminoacídico)

As concentrações de Mn analisado em cada ração (inicial e crescimento), para a fonte quelatada do mineral, encontram-se na Tabela 2.

Os níveis de Mn suplementados na dieta na forma de Mn aminoacídico não afetaram ($P > 0,05$) o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, índice de eficiência produtiva e a viabilidade dos frangos de corte no período de um a 35 dias de idade (Tabela 6).

Tabela 6. Desempenho de frangos de corte machos, no período de um a 35 dias com diferentes níveis de suplementação de manganês aminoacídico.

Níveis de Mn (mg/kg)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g:g)	Viabilidade (%)	Índice de eficiência produtiva
0	3793	2560	1,48	92,78	459,41
35	3701	2460	1,51	96,67	450,60
70	3757	2570	1,46	95,00	477,03
105	3773	2530	1,49	97,22	471,82
Valor de P			Kruskal-Wallis*		
Linear	0,9876	0,8845	0,837	0,2501	0,2123
Quadrática	0,3146	0,3223	0,911		0,8724

*Teste de Kruskal-Wallis (P <0,05). Fonte: Autores (2020).

Não foi observada nenhuma incidência de contusão ou lesão traumática nos ossos, desde o momento da pega na granja até o final da linha de abate.

Houve efeito do nível dietético de Mn para a concentração de Ca no fêmur (P ≤0,05), onde o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, com estimativa de exigência de 73,13 mg de Mn/kg (Tabelas 7 e 8) para maior concentração de Ca nos ossos. Para as outras variáveis analisadas não houve diferenças (P >0,05) entre os níveis de Mn suplementados nas dietas dos frangos de corte (Tabela 7).

Tabela 7. Qualidade óssea em frangos de corte machos, suplementados com diferentes níveis de manganês aminoacídico.

Níveis de Mn (mg/kg)	Índice de Seedor	Cinzas ósseas (%) ¹	MnF* (mg/kg) ¹	CaF* (%) ¹	PF* (%) ¹	Resistência óssea (kgf)
0	201,78	53,14	5,03	24,12	3,47	19,56
35	202,03	47,93	4,69	14,41	3,74	19,72
70	214,17	51,40	5,00	14,81	6,19	21,21
105	203,78	51,09	5,57	14,63	4,31	18,95
Valor de P						
Linear	0,316	0,691	0,169	0,055	0,322	0,903
Quadrática	0,150	0,238	0,129	0,050	0,406	0,286

¹Com base na matéria seca desengordurada.

*MnF: concentração de manganês no fêmur, CaF: concentração de cálcio no fêmur, PF: concentração de fósforo no fêmur. Fonte: Autores (2020).

Tabela 8. Equação de regressão e estimativa da exigência de manganês aminoacídico de acordo com o modelo de regressão quadrático para a variável significativa (P <0,05).

Modelo	Equação	Estimativa da exigência	Valor de P	R ²
Concentração de Ca no fêmur	Quadrático ¹ $y = 23,59 - 0,2845x - 0,001945x^2$	73,13	0,050	0,916

¹ Modelo de regressão polinomial quadrática: $y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2$, onde y é a variável dependente, x é a concentração de Mn na dieta e β_0 é o intercepto, β_1 e β_2 são os coeficientes lineares e quadráticos, respectivamente. Fonte: Autores (2020).

4. Discussão

Os níveis de Mn suplementados não afetaram o desempenho dos frangos de corte, independente da fonte de Mn suplementar utilizada. A tabela Cobb[®] (2018) apresenta um peso médio aos 35 dias de idade em torno de 2392 g, para frango de corte macho. No presente trabalho, os valores de peso médio dos frangos de corte nesta mesma idade foram em torno de 2500 g, o que sugere que o Mn presente na ração à base de milho e farelo de soja, 13,3 mg/kg, foi suficiente para manter o desempenho adequado das aves de um a 35 dias de idade. As concentrações de Mn presentes nos ingredientes da ração basal foram capazes de suprir as exigências deste mineral no organismo animal. Desse modo a suplementação de Mn não é necessária principalmente quando os ingredientes utilizados nas dietas (milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos) são de boa qualidade. Esses resultados estão de acordo com Cuppertino et al. (2005), Sunder et al. (2006) e Saldanha (2019) que não encontraram efeito da suplementação de Mn em dietas para frangos de corte sobre o desempenho. Além disso, Sunder et al. (2006) observaram que níveis de 1600 e 3200 mg de Mn/kg suplementados provocaram declínio no consumo de ração e no ganho de peso das aves.

As análises de qualidade óssea são mais sensíveis às alterações dos níveis de Mn na dieta, em especial o parâmetro que avalia a concentração desse mineral nos ossos. Por esse motivo, tal aferição é utilizada para definir os níveis minerais a serem utilizados (Berta et al., 2004), principalmente baseados na necessidade das aves suportarem os processos de apanha, transporte e abate. No presente estudo a concentração de Mn no fêmur apresentou alteração de acordo com os tratamentos que utilizaram diferentes níveis do Mn na sua fonte inorgânica, em que o maior nível de concentração desse mineral foi com a suplementação de 57,36 mg de Mn/kg. Níveis dietéticos superiores a essa concentração diminuíram o acúmulo de Mn nos ossos. O resultado referente à concentração de Mn no fêmur, encontrado nessa pesquisa, pode ser explicado pelo fato de que o Mn na sua forma inorgânica possui maior ionização no lúmen intestinal de modo que os íons irão competir por células transportadoras, diminuindo a absorção, principalmente quando em altas concentrações suplementares na dieta, e consequentemente estarão mais susceptíveis à formação de complexos insolúveis, sendo excretados para o ambiente e reduzindo sua concentração nas células ósseas (Araújo et al., 2008; Scottá et al., 2014).

Esse resultado difere dos encontrados por Gajula et al. (2011) que, ao avaliarem níveis crescentes de suplementação do Mn na sua forma inorgânica (60, 120 e 240 mg/kg) na dieta para frangos de corte, observaram que as concentrações de Mn na tíbia aumentaram linearmente conforme foi aumentada a suplementação dietética do mineral até o nível máximo estudado de 240 mg/kg. Contudo, no maior nível de suplementação foram observadas baixas retenções de zinco e cobre na tíbia, provocadas pela alta concentração de Mn no osso. Trabalhos realizados por outros pesquisadores obtiveram níveis ótimos para a suplementação de Mn na dieta para frangos de corte, como Cupertino et al. (2005) que sugeriram o nível de 90 mg/kg de Mn na fase de crescimento dessas aves (22 a 42 dias de idade). Da mesma forma, Lu et al. (2016) e Saldanha (2019) sugerem níveis ótimos de 100 mg/kg e 81,32 mg/kg de Mn na ração, respectivamente, para que se tenha boa qualidade óssea, todos estes baseados nas análises de concentração desse mineral nos ossos, resistência óssea e cinzas ósseas.

O Mn não é um mineral de fácil absorção pelo intestino das aves já que o mesmo pode formar complexos com fitatos e fibras, além de competir por sítios de absorção com outros minerais como Ca e o P (Macari et al., 2002). Na presente pesquisa houve alterações na concentração de Ca no fêmur influenciado pelo nível de suplementação de Mn, em ambas as fontes utilizadas do mineral (inorgânica e quelatada), o efeito decrescente do modelo linear sugere que à medida que aumenta a suplementação de Mn na dieta, a concentração de Ca no fêmur reduz. Esse resultado pode estar relacionado com o antagonismo causado no processo de absorção quando há excesso de algum desses minerais na dieta, como também foi observado por Schoulten et al. (2002). Os autores avaliaram níveis crescentes de suplementação de Ca em dietas contendo baixo teor de P total e fitase para frangos de corte e concluíram que houve redução de Mn na matriz óssea das aves em função da alta concentração de Ca na dieta, o que impossibilitou a absorção do Mn pelo lúmen intestinal desses animais. Da mesma

forma, Kiefer (2005) associa a baixa absorção de Ca pelo lúmen intestinal das aves a um excesso de Mn suplementar na dieta, mesmo o mineral estando em sua forma quelatada, o que é explicado pelo antagonismo existente na absorção dos minerais, quando estão em desequilíbrio no lúmen intestinal.

Em contrapartida, Brooks et al. (2012), testando a biodisponibilidade do Mn através de uma fonte inorgânica (MnSO₄) e outra quelatada (propionato de Mn) em uma dieta basal de milho e farelo de soja com altos níveis de Ca e P, não observaram diferença em nenhum parâmetro ósseo analisado para a fonte quelatada do mineral. Os autores concluíram que apesar das altas concentrações de Ca e P na dieta houve eficiente absorção do Mn na fonte quelatada, demonstrando a melhor biodisponibilidade dessa fonte mineral.

Os outros parâmetros ósseos analisados neste trabalho, índice de Seedor, cinzas ósseas, concentração de P no fêmur e resistência óssea, não foram influenciados pelos níveis de Mn suplementados nas dietas dos frangos de corte, independente da fonte desse mineral. Tais resultados demonstram uma consonância entre os parâmetros ósseos avaliados, onde a resistência óssea está interligada com a densidade do osso, que é aferida pelo índice de Seedor e o teor de cinzas. Essa consonância entre os parâmetros ósseos está de acordo com Amadori (2015) que relatou uma estreita ligação entre o grau de mineralização e a resistência do osso à quebra.

Uma eficiente conformação óssea dos frangos de corte é fundamental para que esses animais suportem os manejos impostos nos processos de abate. Conforme demonstrado pelo manual de manejo pré-abate em frangos de corte da Aviagen Brief (2013), 90 a 95% das lesões ósseas e hematomas observados nas carcaças dos frangos de corte vem do manejo incorreto durante as 12 horas anteriores ao abate. Dessas lesões em média 40% são causadas durante a apanha e 60% durante os processos de transporte, descarga e pendura no abatedouro. Além desses processos, a linha de abate nos abatedouros também exige que as aves tenham uma resistência óssea favorável, pois esses animais serão dependurados nas nórias, tendo como suporte de todo o seu peso corporal, os ossos longos das pernas. E assim, passaram por etapas na linha de abate como a depenagem, onde as carcaças serão debatidas abruptamente com bastões de borrachas para remover as penas, processo que exigirá uma eficiente resistência óssea.

Tais constatações sobre a necessidade de uma boa resistência óssea dos frangos de corte, e a influência do Mn sobre esse parâmetro motivaram a observação de todo o manejo de abate das aves realizado nesse trabalho, feito desde o momento da apanha, transporte das aves para o abatedouro e o acompanhamento das mesmas na linha de abate, onde não foi observado nenhum tipo de contusão ou fratura óssea.

Juntamente com os resultados obtidos de desempenho, tais observações demonstraram que a suplementação de Mn em rações a base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de Mn/kg, deve ser revista visando que não houve alterações traumáticas em todo o período de crescimento das aves, bem como nos processos de abate comercial, além reduzir os custos na produção de frangos de corte.

5. Conclusão

Não há a necessidade de suplementação de Mn para frangos de corte no período de um a 35 dias de idade, quando se utiliza uma ração a base de milho e farelo de soja, com cerca de 13,3 mg de Mn/kg de ração. Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se avaliar a concentração do Mn no fígado dos frangos de corte, principal órgão armazenador desse micromineral, de modo a comparar a absorção do Mn em cada nível suplementado na dieta, de acordo com a fonte utilizada.

Referências

Amadori, M. S. (2015). *Gait score, qualidade óssea e bem-estar em frangos de corte. Dissertação (Mestrado)* – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

- AOAC International. Official Methods of Analysis of the (AOAC). (2010). *International*. (18th ed.), Gaithersburg, MD.
- Araujo, J. A., Silva, J. H. V., Amâncio, A. L. L., Lima, C. B., & Oliveira, E. R. A. (2008). Fontes de minerais para poedeiras. *Acta Veterinaria Brasilica*, v.2, p.53-60.
- AVIAGEN BRIEF. (2013). Manejo pré-abate em frangos de corte. Fevereiro.
- Baldo, G. A. A. (2018). *Planos nutricionais para desempenho regular, médio ou superior de frangos de corte em diferentes épocas do ano e idades de abate. Tese (Doutorado)* – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista.
- Berta, E., E. Andrásófszky, A. Bersényi, R. Glávits, A. Gáspárdy, S. G. & Fekete. (2004). Effect of inorganic and organic manganese supplementation on the performance and tissue manganese content of broiler chicks. *Acta Vet. Hung.* 52:199-209.
- Brooks, M. A., Grimes, J. L., Lloyd, K. E., Valdez, F., & Spears, J. W. (2012). Relative bioavailability in chicks of manganese from manganese propionate. *Journal of Applied Poultry Research*, v.21, p.126-130.
- COBB 500. (2018). Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte. *Cobb-Vantress Inc.*, Siloam Springs, Arkansas, USA.
- Cupertino, E. S., Gomes, P. C., Albino, L. F. T., Rostagno, H. S., Cecon, P. R., & Schmidt, M. (2005). Exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2308-2315.
- Gajula, S. S., Chalasani, V. K., Panda, A. K., Mantena, V. L., & Savaram, R. R. (2011). Effect of supplemental inorganic Zn and Mn and their interactions on the performance of broiler chicken, mineral bioavailability and immune response. *Biological Trace Element Research*, 139, 177-187.
- Gheisari, A. A., Sanei, A., Samie, A., Gheisari, M. M., & Toghyani, M. (2011). Effect of diets supplemented with different levels of manganese, zinc, and copper from their organic or inorganic sources on egg production and quality characteristics in laying hens. *Biological Trace Element Research*, 142:557-571.
- Kiefer, C. (2005). Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2, 206 -220.
- Lu, L., Chang, B., Liao, X., Wang, R., Zhang, L., & Luo, X. (2016). Use of molecular biomarkers to estimate manganese requirements for broiler chickens from 22 to 42 d of age. *British Journal of Nutrition*, 116, 1512-1518.
- Macari, M., Furlan, R. L., Gonzales, E. (2002). *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. (2a ed.), FUNEP/UNESP.
- Olgun, O. (2017). Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. *World's Poultry Science Journal*, 73, 45-56.
- Pacheco, B. H. C., Filho, D. E. F., Nascimento, K. M. R. S., Caniatio, A. R. M., Natori, M. M., & Faria, D. E. (2019). Mineralização óssea na tíbia em frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis e fontes de zinco e manganês. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 18 (4):2019.
- R Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Saldanha, M. M., Araújo, I. C. S., Triguineli, M. V., Vaz, D. P., Ferreira, F. N. A., Albergaria, J. D. S., Fontes, D. O., & Lara, L. J. C. (2020). Relative bioavailability of manganese in relation to proteinate and sulfate sources for broiler chickens from one to 20 d of age. *Poultry Science*, 10.1016.
- Schoulten, N. A., Teixeira, A. S., Berterchini, A. G., Freitas, R. T. F. De, Conte, A. J., Silva, H. O. (2002). Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. 26(6), 1313-1321.
- Scottá, B. A., Vieira, R. A., Gomide, A. P. C., Campos, P. F., Barroca, C. C., & Formigoni, A. S. (2014). Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. *PUBVET*, Londrina, 8(90).
- Seedor, J. G. (1993). The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. *J. Bone Miner. Res.*, 4, 265-270.
- Silva, D. J., & A. C. Queiroz. (2002). *Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. (3a ed.), Editora UFV.
- Sunder, G. S., Panda, A. K., Gopinath, N. C. S., Raju, M. V. L. N., Rama Rao, S. V., & Kumar, C. V. (2006). Effect of supplemental manganese on mineral uptake by tissues and immune response in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 43, 371-377.