

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Escola de Veterinária

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

Guilherme Santos Bassi

**NÍVEIS E FONTES DE MANGANÊS SOBRE O DESEMPENHO E A
RESISTÊNCIA ÓSSEA EM FRANGOS DE CORTE**

Belo Horizonte

2020

Guilherme Santos Bassi

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

Versão Final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Leonardo José Camargos
Lara

Belo Horizonte

2020

B321n Bassi, Guilherme Santos, 1992-
Níveis e fontes de manganês sobre o desempenho e a resistência óssea em frangos de corte/
Guilherme Santos Bassi. -2020.
64 f.:il

Orientador: Leonardo José Camargos Lara

Dissertação (Mestrado) apresentado à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Bibliografias: f.: 29 a 34.

1. Frango de corte - Teses - 2. Alimentação e rações - Teses - 3. Dieta em veterinária – Teses -
4. Zootecnia - Teses - I. Lara, Leonardo José Camargos – II. Universidade Federal de Minas
Gerais, Escola de Veterinária – III. Título.

CDD – 636.085

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

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

GUILHERME SANTOS BASSI

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **18 de fevereiro de 2020**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Vanusa Patrícia de Araújo Ferreira

Universidade Federal De São João Del-Rei

Ítallo Conrado Souza de Araújo

Universidade Federal de Minas Gerais

Leonardo José Camargos Lara - Orientador

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 28 de janeiro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Angela Maria Quintão Lana, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 28/01/2022, às 11:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1219776** e o código CRC **6E76D342**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor e guia da minha vida, a quem busco forças em todos os momentos.

À bem-aventurada Virgem Maria pela materna proteção.

Aos meus pais, Sergio e Eliane, pela educação, carinho e amor incondicional. Juntamente com eles, agradeço meu irmão Thiago, por todo apoio nesses anos de mestrado. Vocês são a base de tudo, minha família!

À minha namorada Izabel pelo amor, companheirismo, paciência e por toda a ajuda dispensada para comigo. Obrigado por todo o seu amor!

Ao meu orientador, Prof. Leonardo Lara pela amizade, profissionalismo e orientações.

Aos meus colegas do Geav da UFMG pelo apoio e companheirismo durante todo o mestrado. De modo especial, ao Hítalo pela ajuda na fazenda e no envio das amostras, ao Bruno pela ajuda nas pesagens das aves, à Lorena pelo auxílio nas análises laboratoriais e a Mariana Maseo pelas sugestões e orientações.

Ao Mateus Guerra, estagiário na fazenda de Igarapé durante o período experimental, pelo auxílio na realização deste trabalho, bem como pelo companheirismo em todos os momentos que estivemos na fazenda.

Ao Matheus Ferreira, aluno de pós-doutorado da EV/UFMG, pela ajuda excepcional e amiga com as análises estatísticas e interpretações dos dados.

À Escola de Veterinária da UFMG, seu corpo docente, técnicos laboratoriais e funcionários por fazerem parte do meu crescimento profissional e pessoal.

À Profa. Vanusa Ferreira e ao Prof. Itallo Conrado por aceitarem fazer parte da banca de avaliação deste trabalho.

À Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa”, em Igarapé – MG, na pessoa de seu coordenador Bira, bem como a todos os funcionários que não mediram esforços para que esse experimento acontecesse, além da amizade durante o período em que por lá passei.

À Rivelli Alimentos, na pessoa do Carlos, por fornecer os pintinhos de corte utilizados na realização deste experimento.

Ao Laboratório de Ensaio Mecânicos e Oxidação do departamento da Engenharia Mecânica da UFSJ, na pessoa do Prof. Artur Malafaia, bem como do técnico Arthur pelo auxílio nas análises de resistência óssea.

Ao Frango Ferreira, nas pessoas do Anderson, Tiago e Luciano pela gentil disponibilidade em realizar todo o processo de abate das aves no abatedouro comercial da empresa.

*“No mundo haveis de ter aflições. Coragem!
Eu venci o mundo.”*

Jo 16, 3

RESUMO

Objetivou-se determinar o nível ideal de suplementação de manganês (Mn) para frangos de corte, avaliando em dois experimentos duas fontes, quelatada (ligada a aminoacídico) e inorgânica (óxido) que garanta a 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 ao todo 1260 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®], distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos de seis repetições com 30 aves cada, em cada um dos experimentos. Os tratamentos foram definidos pela suplementação de uma dieta a base de milho e farelo de soja, com níveis suplementares de 0, 35, 70 e 105 mg de manganês/kg de ração na forma de óxido de manganês (Capítulo II) ou manganês aminoacídico (Capítulo III). Foram avaliados em ambos os experimentos o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade e índice de eficiência produtiva, como parâmetros de desempenho. Para qualidade óssea foram avaliados o índice de Seedor, cinzas ósseas, concentrações de manganês, cálcio e fósforo no fêmur e a resistência óssea. A ocorrência de lesões ou fraturas ósseas foi observada na linha de abate em um abatedouro comercial a partir do momento da pendura nas nórias até o momento do corte dos pés e não foi observada nenhuma incidência de contusões ou lesões traumáticas dos ossos. Entre os níveis de suplementação do manganês na forma inorgânica (MnO), não houve diferenças para as variáveis de desempenho, índice de Seedor, concentração de fósforo, cinzas e resistência óssea dos frangos de corte. As concentrações de manganês e de cálcio no fêmur apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), com estimativa da exigência de manganês para frangos de corte de 57,36 mg de manganês/kg para máxima concentração de manganês no fêmur e 81,07 mg de manganês/kg para máxima concentração de cálcio no fêmur. Para os níveis de suplementação do manganês na forma quelatada (Mn aminoacídico) não houve diferenças para as variáveis de desempenho, índice de Seedor, concentrações de manganês e fósforo, cinzas e resistência óssea dos frangos de corte. A concentração de cálcio no fêmur apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), com estimativa da exigência de manganês para frangos de corte de 73,13 mg de manganês/kg para máxima concentração de cálcio no fêmur. Na prática, a suplementação de manganês em uma dieta a base de milho e farelo de soja não é necessária para que os frangos de corte tenham bom desempenho e qualidade óssea.

Palavras-chave: desempenho, qualidade óssea, mineral, óxido de manganês, manganês aminoacídico

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the ideal level of manganese supplementation (Mn) for broilers, evaluating in two experiments two sources, chelated (linked to amino acid) and inorganic (oxide) that guarantees the necessary bone quality, to support the growth process, catching, transport and slaughter. The experimental period was from the birds' first to 35th day of life, in which an amount of 1260 male Cobb[®] strain broilers of the were used, distributed in a completely randomized design in four treatments of six replications with 30 birds each. The treatments were defined by supplementing a diet based on a corn and soybean meal, with supplementary levels of 0, 35, 70 and 105 mg of manganese / kg of feed in the form of manganese oxide (Chapter II) or amino acid manganese (Chapter III). In both experiments, feed intake, weight gain, feed conversion, viability and productive efficiency index were evaluated as performance parameters. For bone quality, the Seedor index, bone ash, concentrations of manganese, calcium and phosphorus in the femur and bone strength were evaluated. The occurrence of injuries or bone fractures was observed in the slaughter line of a commercial slaughterhouse from the moment of hanging up to the cut of the feet and no incidence of bruises or traumatic bone injuries was observed. Among the levels of manganese supplementation in inorganic form (MnO), there were no differences in performance variables, Seedor index, phosphorus concentration, ash and bone strength of broilers. In the femur, concentrations of manganese and calcium showed a significant difference ($P < 0.05$), with an estimated manganese requirement for broilers of 57.36 mg of higher manganese/kg for manganese concentration and 81.07 mg manganese/kg for higher calcium concentration. For the levels of supplementation of manganese in its chelated form (Mn amino acid), there were no differences in the performance variables: Seedor index, concentrations of manganese and phosphorus, ash and bone strength of broilers. The calcium concentration in the femur showed a significant difference ($P < 0.05$), with an estimated manganese requirement for broilers of 73.13 mg of manganese / kg for a higher concentration of calcium in the femur. In fact, manganese supplementation in a diet based on corn and soybean meal is not necessary for broilers to have good performance and bone quality.

Keywords: performance, bone quality, mineral, manganese oxide, amino acid manganese

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO II

Figura 1 – Gráficos das regressões polinomial quadrática e linear das variáveis que foram significativas ($P < 0,05$), respectivamente.....45

CAPÍTULO III

Figura 2 – Gráfico da regressão polinomial quadrática da variável que foi significativa ($P < 0,05$).....60

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Constante de estabilidade de alguns quelatos com os microminerais (relação 1:1 de ligante: íon metal H ₂ O a 20°C)	24
--	----

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição da dieta basal do experimento	39
Tabela 2. Concentração de manganês analisado nas rações experimentais testadas	40
Tabela 3. Desempenho de frangos de corte machos, no período de um a 35 dias com diferentes níveis de suplementação de MnO	43
Tabela 4. Qualidade óssea em frangos de corte machos, suplementados com diferentes níveis de MnO	44
Tabela 5. Equações de regressão e estimativa da exigência de MnO de acordo com os modelos de regressão quadrático ou linear para as variáveis que foram significativas (P <0,05)	44

CAPÍTULO III

Tabela 1. Composição da dieta basal do experimento	54
Tabela 2. Concentração de manganês analisado nas rações experimentais testadas	55
Tabela 3. Desempenho de frangos de corte machos, no período de um a 35 dias com diferentes níveis de suplementação de manganês aminoacídico	58
Tabela 4. Qualidade óssea em frangos de corte machos, suplementados com diferentes níveis de manganês aminoacídico	59
Tabela 5. Equação de regressão e estimativa da exigência de manganês aminoacídico de acordo com o modelo de regressão quadrático para a variável que foi significativa (P <0,05)	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	11
CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA.....	13
1. Minerais	13
2. Manganês	17
2.1. Função, absorção e metabolismo	17
2.2. Exigências e biodisponibilidade do manganês.....	18
3. Forma dos Minerais	21
3.1. Fonte inorgânica.....	21
3.2. Fonte quelatada	23
4. Efeitos da suplementação de manganês sobre o desempenho	26
5. Efeitos da suplementação de manganês sobre a qualidade óssea	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
CAPÍTULO II - Influência da suplementação com óxido de manganês sobre o desempenho e parâmetros ósseos em frangos de corte	36
RESUMO.....	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS	42
DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
CAPÍTULO III - Influência da suplementação com manganês aminoacídico quelatado sobre o desempenho e parâmetros ósseos em frangos de corte.....	51
INTRODUÇÃO	52
MATERIAL E MÉTODOS	53
RESULTADOS	57
DISCUSSÃO	60
CONCLUSÃO	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65

INTRODUÇÃO

A produção de frangos de corte é um dos setores da avicultura responsável pelo maior fornecimento de proteína animal, consumida por vários países. Para atender a demanda crescente do mercado por carne de frango, o setor avícola de corte brasileiro, tende a aumentar sua produção, como nos mostra o relatório anual da ABPA (2019), foi produzido no Brasil, cerca de 13,05 milhões de toneladas de carne de frango. Essa alta produtividade se deve a diversos fatores como os avanços na genética, nutrição, sanidade e manejo, gerando uma cadeia produtiva com melhor desempenho desses animais (Ribeiro et al., 2008).

A nutrição contempla todos os procedimentos realizados para que o animal consiga ingerir uma dieta de qualidade, que contenha os nutrientes necessários para seu correto desenvolvimento. Dentre os nutrientes que compõem a dieta para as aves, os minerais exercem funções importantes para o bom funcionamento do metabolismo animal (Suttle, 2010). O manganês (Mn) classificado como um micromineral exerce um papel fundamental no metabolismo dos frangos de corte, atuando na formação óssea, processos bioquímicos, além de ser essencial para o desenvolvimento embrionário, crescimento normal, reprodução e metabolismo de carboidratos e lipídeos (Olgun, 2017).

A ingestão de manganês pelos frangos de corte ocorre por meio da presença desse mineral em ingredientes que compõem a dieta basal dessas aves, como o milho, farelo de soja e farinha de carne e ossos (Macari et al., 2002). Todavia, a quantidade existente de manganês nesses ingredientes é insuficiente para suprir as exigências desse mineral no organismo das aves, sendo necessária a suplementação na dieta, que usualmente é feita por meio do manganês inorgânico, que pode apresentar baixa biodisponibilidade, pois, a fonte inorgânica do mineral pode formar complexos insolúveis no intestino, dificultando a absorção do mesmo. Tendo em vista essa possibilidade, níveis superiores aos recomendáveis para a suplementação são amplamente fornecidos na dieta de frangos de corte, como forma de assegurar a otimização do desempenho. Contudo, essa prática pode gerar além do maior custo da ração, a contaminação ambiental (Araújo et al., 2008; Scottá et al., 2014).

A utilização dos minerais na forma quelatada é uma opção para substituição da suplementação inorgânica, tendo em vista que na forma complexada a molécula orgânica, o mineral é impossibilitado de formar complexos insolúveis no intestino, tornando-o mais biodisponível para o animal (Kiefer, 2005). A busca por uma melhor biodisponibilidade do

manganês é essencial para uma boa formação óssea dos frangos de corte, de modo que essas aves possam suportar toda carga de massa muscular corpórea, desde a criação nas granjas, passando pelo processo de apanha, transporte para o abatedouro e o manejo na linha de abate, sem que haja nenhuma fratura ou problema ósseo que impossibilite o processo de abate, e consequentemente, a condenação da carcaça (Baldo, 2018).

Dessa forma, objetivou-se determinar o nível ideal de suplementação de manganês (Mn) para frangos de corte, avaliando em dois experimentos duas fontes, quelatada (ligada a aminoacídico) e inorgânica (óxido) que garanta a qualidade óssea necessária, para suportar o processo de crescimento, pega, transporte e abate.

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

1. Minerais

Os tecidos de animais e plantas contêm proporções variáveis de elementos minerais, que juntamente às moléculas orgânicas, compõem esses organismos vivos. Tais elementos permanecem em grande parte como óxidos, carbonatos, fosfatos e sulfatos nas cinzas após a queima da matéria orgânica (Suttle, 2010). Os minerais são elementos químicos sólidos ou cristalinos que devem ser suplementados à dieta dos animais, por não serem sintetizados endogenamente, ou produzidos através de alguma reação metabólica (Macari et al., 2002).

A divisão dos minerais se faz em dois grupos, classificados em macro ou microminerais, de acordo com a quantidade presente no organismo animal. Os macrominerais como o enxofre (S), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl) e magnésio (Mg) estão envolvidos em sua maioria, em funções estruturais ou fisiológicas. Os microminerais ou elementos traço, como podem ser denominados, inclui o ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), níquel (Ni), cobalto (Co), molibdênio (Mo), selênio (Se), cromo (Cr), iodo (I), flúor (F), estanho (Sn), sílica (Si), vanádio (V) e arsênio (As), esses minerais estão envolvidos em funções metabólicas como o crescimento e reprodução, além de serem catalizadores ou constituintes dos sistemas enzimáticos de muitas células (Kiefer, 2005).

Segundo Suttle (2010), os minerais desempenham diferentes funções no organismo animal, que são essenciais para o bom funcionamento do metabolismo corporal. A classificação dessas funções se dá em estrutural, sendo os minerais constituintes da estrutura de órgãos e tecidos, como por exemplo, o cálcio e o fósforo que constituem a matriz inorgânica óssea, ou o zinco e o fósforo na estabilidade das moléculas de membrana. Fisiológica, onde os minerais estão presentes em fluídos e tecidos com funções de eletrólitos responsáveis por manter a pressão osmótica, equilíbrio ácido-base, permeabilidade e transmissão de impulsos nervosos. Como exemplo desses minerais, podemos citar: sódio, potássio, cloro, cálcio e magnésio. Função catalítica, esses elementos atuam como catalizadores de reações enzimáticas e sistemas endócrinos como componentes da estrutura de metaloenzimas, hormônios ou coenzimas, o manganês é um exemplo desses minerais. E por

fim, exercem a função regulatória, onde os minerais podem regular replicações ou diferenciações celulares, como por exemplo, o cálcio que influencia a transdução de sinais.

As funções desempenhadas pelos minerais no organismo animal são de extrema importância, portanto uma deficiência de qualquer um desses elementos pode acarretar problemas metabólicos graves e comprometer a saúde animal. Desse modo, a correta absorção dos minerais pelo organismo animal é fundamental para manter uma homeostase mineral normal (Lopez et al., 2002). Geralmente a absorção dos minerais ocorre por transporte ativo ou passivo na camada mucosa do intestino delgado, sendo transportados ao fígado pela corrente sanguínea, na sua forma livre ou complexada. Do fígado, eles vão ser transportados via corrente sanguínea periférica até os órgãos que os utilizarão para seus processos metabólicos, de acordo com sua exigência (Suttle, 2010).

Entre os vários fatores que interferem na absorção dos minerais no intestino delgado, destaca-se a competição dos íons metálicos pelo sítio de ligação das proteínas transportadoras encontradas no duodeno, influenciando assim, sua absorção. Um exemplo dessa competição por um sítio de ligação é o cobre que se liga perfeitamente à transferrina, molécula de transporte de proteínas pela mucosa, competindo com o ferro, que também é transportado por esta molécula. Há locais de ligação adequados para ambos os minerais, quando não houver saturação destes no lúmen intestinal, porém quando a suplementação está em excesso, a absorção do ferro é inibida pela preferência de ligação entre a transferrina e o cobre, gerando um desequilíbrio de absorção (Lopez et al., 2002).

O pH intestinal também é um fator que interfere na absorção dos minerais, por meio da alteração na taxa de absorção desses elementos, de forma decrescente, a medida que atravessa o intestino delgado, já que os valores do pH se apresentam diferentes nas porções intestinais. No duodeno o pH varia entre 5 a 6, tornando essa porção mais absorptiva aos minerais, em seguida vem o jejuno com pH em torno de 6,5 a 7, e por fim o íleo, onde o valor do pH é em torno de 7 a 7,5; diminuindo a absorção nessa região intestinal, já que para a maioria dos minerais quanto mais alcalino o pH, menor a taxa de absorção (Lopez et al., 2002).

As rotas que os minerais podem seguir no organismo vão depender da quantidade absorvida do mineral. Quando essa quantidade é maior que a exigência imediata do organismo, esses elementos podem ser armazenados nos tecidos do corpo, ou serão

excretados pela urina, pelas vias de secreções gastrointestinais ou células da mucosa do intestino. A absorção dos minerais é influenciada pelos componentes da dieta, através dos níveis de concentração desses elementos nos ingredientes utilizados para formular as rações. Além disso, outros fatores como a interação dos minerais com ácidos fítico e fenólico, ou outro nutriente, como a vitamina D, podem interferir no processo de absorção mineral (Fairweather-Tait e Hurrell, 1996).

Os problemas metabólicos que podem surgir quando há deficiência de algum mineral na dieta são amplos, pois esses elementos estão envolvidos em diversas funções metabólicas. Por exemplo, verifica-se o desequilíbrio no balanço eletrolítico, que está relacionado diretamente com a concentração correta de alguns íons (Na^+ , K^+ e Cl^-), os quais mantêm o balanço ácido-base dos fluídos corporais, interferindo diretamente no desempenho produtivo do animal. Além disso, uma deficiência desses minerais pode acarretar problemas na síntese de proteínas teciduais, manutenção da homeostase intra e extracelular e do potencial de membrana, em reações enzimáticas e na pressão osmótica (Borges et al., 2003).

A incorreta mineralização dos ossos, também é um sério problema do desequilíbrio dos minerais na dieta, causando deformações ósseas, falta de resistência e indisponibilidade de oferta dos minerais ao organismo, já que os ossos são fontes de reserva desses elementos para o corpo do animal (Oliveira et al., 2010). Segundo Brown e Jaffe (2000), os ossos nos frangos de corte contêm 99% do cálcio corporal dessas aves, além de quantidades consideráveis de Na^+ , Mn^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , citrato e carbonato. Esses minerais tamponantes estão disponíveis para trocas com o fluído extracelular, tornando o osso uma fonte de mineral indispensável, para o metabolismo corporal.

Deficiências subclínicas de microminerais são de difícil diagnóstico, uma vez que os sintomas não são evidentes e o animal continua seu crescimento. Como primeira reação à falta dos microminerais ocorre o declínio da imunidade e o comprometimento das funções enzimáticas, seguido por redução branda do crescimento e da fertilidade, por fim, há redução drástica do crescimento e da fertilidade, realçando a deficiência mineral (Kiefer, 2005).

Nas aves, os minerais representam cerca de 3 a 4% do seu peso vivo (Bertechini, 2012). A suplementação dos microminerais nas dietas para frangos de corte pode estar superestimada, pois a baixa exigência desses elementos para o metabolismo animal é suprida, muitas vezes, pela dieta a base de milho e farelo de soja. Como observaram Yang et al. (2011)

ao avaliarem níveis de suplementação de cobre, ferro, zinco e manganês em dietas para frangos de corte e concluíram que não houve diferença entre os tratamentos sobre o desempenho das aves, ou seja, a dieta basal a base de milho e farelo de soja, foi suficiente para fornecer a quantidade necessária desses minerais.

Carvalho et al. (2018) avaliaram quatro concentrações diferentes de cobre, ferro, manganês e zinco, ofertados na forma quelatada e não observaram diferença entre a dieta controle, a base de milho e farelo de soja e a dieta com a menor recomendação (contendo 21,54 mg de manganês/kg) desses minerais quelatados.

Entretanto, outros autores analisando a influência da suplementação de minerais sobre os aspectos fisiológicos em frangos de corte concluíram que a suplementação mineral, dependendo das condições de como é oferecida ao animal, pode trazer alguns benefícios ao desempenho dessas aves. Boiago et al. (2013) testando dietas a base de milho e farelo de soja, com níveis diferentes de suplementação (0; 0,3; 60 e 65 mg/kg de ração) de alguns minerais (selênio, zinco e manganês), provindos de fonte inorgânica ou quelatada, em condições de estresse por calor, frio ou em temperatura neutra, observaram que em condições de termoneutralidade, as aves não apresentaram diferenças entre o grupo controle, sem a suplementação de alguma das fontes dos minerais, em relação aos outros tratamentos, para todos os parâmetros avaliados. Porém, em condições de estresse por calor, as aves suplementadas com minerais quelatados tiveram melhores índices zootécnicos, que as não suplementadas.

Jasek et al. (2019) avaliaram o impacto do aumento da suplementação de hidróxido de manganês no desempenho e na resistência óssea da tíbia, de frangos de corte alimentados com dieta basal de milho e farelo de soja. As concentrações utilizadas do mineral para suplementação foram de 0, 40, 80, 120 e 160 mg/kg da ração basal. Aos 42 e 55 dias de idade, amostras de tíbia foram coletadas para análise de matéria mineral, e posteriormente, concentração de manganês nesses ossos. O peso corporal dos frangos não teve influência de nenhum nível de suplementação, porém as aves que receberam níveis maiores que 80 mg/kg na dieta, apresentaram melhor conversão alimentar em comparação com as aves sem suplementação de manganês. Em relação às concentrações de manganês na tíbia e resistência óssea, as aves suplementadas com 160 mg/kg apresentaram melhores valores em relação aos outros níveis de suplementação.

2. Manganês

2.1. Função, absorção e metabolismo

O manganês é um micromineral, ou elemento traço, classificado como o quinto elemento mais abundante no planeta Terra (Suttle, 2010). Esse micromineral tem funções importantes no organismo animal, como na formação óssea, participa de processos bioquímicos ativando enzimas, como a piruvato carboxilase, superóxido dismutase e glicosil transferase. Além de ser essencial para o desenvolvimento embrionário, crescimento normal do corpo, reprodução e metabolismo de carboidratos e lipídeos (Olgun, 2017).

A influência do manganês na mineralização óssea vem sendo estudada desde a década de 1930, quando pesquisadores demonstraram que esse mineral era fundamental na prevenção de problemas ósseos, ratificando assim seu uso essencial na dieta de aves com crescimento rápido, como os frangos de corte. A interação do manganês com a mineralização óssea ocorre, pois, esse mineral é um cofator de ativação das glicosiltransferases, um grupo de enzimas que engloba as galactosiltransferases, necessárias para a formação dos mucopolissacarídeos que desempenham importante papel na formação da matriz cartilaginosa dos ossos (Burin Junior, 2016).

Wang et al. (2015) avaliaram os efeitos de três níveis de manganês (controle com 60 mg/kg e dos níveis com menor suplementação, 40 e 8,7 mg/kg) sobre a largura da zona de proliferação da placa de crescimento e taxa de condrócitos que sofreram apoptose. Os pesquisadores observaram que à medida que diminuía o nível de manganês na dieta, a largura da zona de proliferação reduzia e houve maior taxa de apoptose de condrócitos. Concluindo assim, que a deficiência de manganês na dieta, causa redução no crescimento da placa proximal da tíbia, além inibir a proliferação de condrócitos e aumentar a apoptose dessas células, as quais são fundamentais para o crescimento do osso da tíbia.

A ativação de algumas metaloenzimas como a piruvato carboxilase, superóxido dismutase e a glicosiltransferase é uma das funções primordiais do manganês (Suttle, 2010). Destas enzimas, a piruvato carboxilase se destaca no metabolismo da glicose, atuando na mitocôndria da célula, gerando o oxaloacetado, que por sua vez irá formar o piruvato, um importante composto para o início do Ciclo de Krebs, na matriz mitocondrial (Jasek et al., 2019). A ativação da metaloenzima Mn-superóxido dismutase (Mn-SOD) disponibiliza essa

enzima para que ela exerça uma importante função de antioxidante, principalmente nas células que possuem um número maior de mitocôndrias, como é o caso do coração, fígado e rins (Conly et al. 2012; Zhu et al., 2016; Jasek et al., 2019).

A absorção do manganês na forma nata do mineral é ineficiente, em torno de 5%, por isso, sua regulação homeostática acontece principalmente pela excreção (especialmente de bile), e não através da regulação da absorção. A maior absorção de manganês ocorre via cc-2-macroglobulina, como Mn^{2+} (Fairweather-Tait e Hurrell et al., 1996). O manganês absorvido nas células da mucosa intestinal pelos transportadores de íons metálicos divalentes são retirados facilmente do sangue pelo fígado e uma pequena proporção desse mineral é oxidada a Mn^{3+} , ligando-se a transferrina e sendo transportados até os tecidos. No interior das células, o manganês é retido pelas mitocôndrias e segue para o metabolismo celular (Gibbons et al., 1976).

O excesso de manganês no organismo é regulado por duas vias, sendo a excreção pela bile, a principal reguladora desse mineral. Outra via é através de rotas gastrointestinais auxiliares (Suttle, 2010). Contudo, o organismo animal pode ter reservas de manganês, principalmente no fígado, estando presente também na pele, no músculo e nos ossos, onde a tíbia é o osso com maior armazenamento deste mineral (Bertechini, 2012).

2.2. Exigências e biodisponibilidade do manganês

A exigência de manganês em dietas para frangos de corte foi preconizada pelas indicações do NRC (1994), onde o valor da suplementação de manganês é de 60 mg/kg. Contudo, mais estudos foram realizados, visando melhor precisão no valor ideal da suplementação desse micromineral. Os manuais das linhagens atuais trazem valores variáveis para a suplementação do manganês, no aplicativo da Cobb 500 (2018), a exigência é de 100 mg/kg, desde a fase inicial até a final. No manual da Hubbard (2016) a exigência da suplementação de manganês para aves abatidas com 2,5 kg é de 80 mg/kg. A linhagem Ross 308 (2017) traz indicações de 120 mg/kg de suplementação de manganês, para frangos de corte misto, com o objetivo final de peso vivo entre 2,5 a 3 kg. Fedna (2018) preconiza em suas tabelas de recomendações nutricionais para a avicultura, um valor para suplementação de manganês, que varia de acordo com a idade do frango de corte, onde na fase inicial (0 a 14

dias) seria 90 mg/kg, na fase de crescimento (15 a 36 dias) recomenda-se 70 mg/kg e na final dessas aves (37 a 44 dias), um valor de 65 mg/kg.

As referências atuais trazem níveis de suplementação maiores para o manganês, em relação ao preconizado pelo NRC (1994), o que pode ser justificado pelo maior desempenho produtivo dessas aves, atualmente. Burim Junior (2016) indica outro possível fator que influencia a utilização de uma maior suplementação desse mineral, a preocupação por parte de alguns nutricionistas em relação aos níveis indicados pelo NRC, com o temor de não fornecerem um aporte ideal desse elemento para as linhagens modernas de frangos de corte.

Na criação de frangos de corte utiliza-se uma dieta basal contendo ingredientes com concentrações de micronutrientes relativamente suficiente, para garantir o bom desempenho desses animais, como foi observado por Cupertino et al. (2005) quando testaram uma dieta a base de milho e farelo de soja contendo 6,5 mg de manganês/kg, em comparação com a mesma dieta basal suplementada por níveis crescentes de manganês. Os pesquisadores concluíram que a exigência de manganês para frangos de corte, machos e fêmeas, é suprida pelas concentrações normalmente encontradas deste mineral em uma dieta basal de milho e farelo de soja, sendo suficiente para o desenvolvimento das aves.

Os ingredientes que compõem a dieta dos animais são relativamente ricos em manganês, porém esse mineral tem alta tendência em formar complexos com fitatos e fibras, prejudicando sua absorção. Além disso, outros minerais como cálcio, fósforo e ferro, podem inibir a absorção do manganês, por reduzirem a sua solubilidade e competirem por sítios de absorção (Macari et al., 2002). Contudo, o manganês também pode interferir, quando em níveis elevados na dieta, na absorção do cobre, reduzindo sua concentração na tíbia e no fígado (Gajula et al., 2011).

Schoulten et al. (2002) avaliaram níveis crescentes de suplementação de cálcio em dietas contendo baixo teor de fósforo total e fitase, para frangos de corte no período de 1 a 21 dias, e observaram que houve redução linear da absorção de manganês em função da elevada suplementação de cálcio, o que os pesquisadores explicaram como sendo efeito da elevação do teor de cálcio e do conteúdo de fitato na digesta, o que impossibilitou a absorção deste micromineral. Essa interação entre os minerais e o fitato, também foi observada por Serafini (2018) ao avaliar os efeitos da suplementação da fitase e duas fontes (inorgânica e quelatada) de zinco, cobre e manganês sobre o desempenho produtivo e digestibilidade desses minerais

em frangos de corte. A autora concluiu que a fitase auxiliou na biodisponibilidade dos minerais, principalmente na forma inorgânica, evitando a formação de complexos insolúveis no lúmen intestinal, prejudicando a absorção.

A biodisponibilidade de um nutriente pode ser definida como a eficiência que um suplemento possui para sustentar os processos biológicos de um animal, ou ainda, como a fração do mineral que realmente é absorvida e utilizada pelo animal, podendo assim, aferir o índice de biodisponibilidade como a porcentagem do elemento presente no composto que foi absorvida. Os fatores que interferem na biodisponibilidade dos minerais, especialmente dos microminerais, são: os níveis de consumo do mineral, forma química, digestibilidade da dieta, granulometria, interações com outros minerais e nutrientes, agentes quelantes, inibidores, saúde do animal, condições de processamento, idade e espécie animal (Kiefer, 2005; Araújo et al., 2008).

O manganês pode ser utilizado como suplementação na ração através de duas fontes. A primeira fonte a ser citada é a inorgânica, onde os exemplos são o sulfato de manganês, óxido de manganês e carbonato de manganês. A biodisponibilidade da fonte inorgânica é relativamente baixa e parte deste mineral é excretada nas fezes, não sendo absorvida pelo sistema digestivo. A outra fonte deste mineral é a quelatada, onde o manganês é complexado a molécula orgânica, tendo maior biodisponibilidade, comparado à fonte inorgânica, permitindo que a fonte quelatada seja suplementada em 50 a 75% a menos na dieta que a inorgânica (Gheisari et al., 2011; Olgun, 2017).

A eficiência na absorção de manganês pode sofrer influência pela forma de inclusão do mineral na dieta das aves. Com altos níveis de cálcio e fósforo na dieta desses animais, a forma quelatada apresenta maior biodisponibilidade em comparação com a forma inorgânica, demonstrando maior ganho de peso e melhor conversão alimentar nos frangos de corte alimentados com dietas suplementadas pelas fontes de manganês quelatado. (Brooks et al., 2012; Sirri et al., 2016).

Por outro lado, estudos comparando a biodisponibilidade das fontes inorgânicas e quelatadas de manganês não apresentaram diferença no desempenho de frangos de corte. Assim como relata Berta et al. (2004) que testaram diferentes níveis de manganês a partir de fonte inorgânica (MnO) e fonte quelatada (fumarato de manganês) sobre o desempenho e concentrações do mineral nos órgãos de frangos de corte. Estes autores observaram que não

houve diferença para ganho de peso, consumo de ração e mortalidade entre as fontes testadas. As análises de concentração do manganês na tíbia e fígado demonstraram que houve maior acúmulo do mineral na tíbia, quando os níveis de suplementação foram de 30, 60 e 240 mg/kg, em comparação com o grupo controle (suplementação zero de manganês, constando apenas do mineral presente nos ingredientes da ração, em torno de 23 mg/kg) de ambas as fontes testadas.

A atividade das metaloenzimas como a Mn-superóxido dismutase (MnSOD) e o nível de expressão do RNAm MnSOD em tecido cardíaco dos frangos de corte são alterados pelas concentrações de manganês presentes no organismo desses animais. Contudo, os efeitos da suplementação de manganês na dieta dessas aves sobre a atividade das metaloenzimas e no nível de expressão das mesmas ainda geram controvérsias entres os pesquisadores. Wang et al. (2012) avaliando níveis de suplementação de manganês através de duas fontes do mineral (inorgânica ou quelatada) não observaram diferenças significativas entre as fontes testadas para a atividade da Mn-superóxido dismutase (MnSOD) e nível de RNAm MnSOD em tecido cardíaco de frangos de corte. Em contra partida, Lu et al. (2016) ao avaliarem níveis de suplementação de manganês na dieta para frangos de corte observaram que houve maior concentração de manganês no coração e conseqüentemente, maior expressão de MnSOD neste órgão, de acordo com a suplementação mineral nas dietas.

Mwangi et al. (2019) avaliando os efeitos da suplementação de manganês, em frangos de corte, testaram uma fonte quelatada desse mineral (60 mg/kg de sulfato de manganês) sobre uma dieta basal de milho e farelo de soja (tratamento controle contendo 17 mg de manganês/kg, proveniente dos ingredientes da deita) e observaram aos 21 dias que os frangos alimentados com dieta suplementada tiveram maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, maior concentração de manganês na tíbia, fígado e coração, em comparação aos que não receberam suplementação. Porém, a expressão de RNAm do transportador de metal divalente, bem como as atividades da superóxido dismutase plasmática e alanina transaminase hepática, não foram afetadas pela suplementação de manganês.

3. Forma dos Minerais

3.1. Fonte inorgânica

As fontes de minerais mais utilizadas até hoje nas dietas das aves são as inorgânicas, oriundas de compostos geológico ou industrial, que podem ser suplementadas às rações na forma natural ou em misturas minerais (premix). A escolha de um suplemento mineral de fonte inorgânica depende do custo por unidade dos elementos exigidos, das fontes químicas que os elementos são combinados, e das formas físicas, especialmente o tamanho das partículas, além do tipo de animal para o qual esses compostos serão utilizados na alimentação. Na dieta de frangos de corte, as fontes inorgânicas dos minerais mais utilizadas são os cloretos, óxidos, sulfatos, carbonatos e fosfatos. Estas apresentam biodisponibilidade variável, sendo os sulfatos e os cloretos mais biodisponíveis que os óxidos e carbonatos. (Araújo et al., 2008).

O manganês em sua fonte inorgânica pode ter como origem os óxidos, onde o manganês está presente em 77%, os cloretos com 27,5% de manganês, sulfatos com 32,5% de manganês e os carbonatos com 47% de manganês. Os óxidos são comumente utilizados como a principal fonte de manganês na dieta dos animais, onde a faixa de biodisponibilidade desse mineral está entre 50 a 70%, porém, essa fonte apresenta um problema que é sua contaminação com o dióxido de manganês, esse composto apresenta 50% de biodisponibilidade quando comparado ao óxido. Assim sendo, um conteúdo acima de 10% de dióxido pode levar a um déficit na biodisponibilidade do óxido de manganês (Lesson e Summers, 2005).

Gajula et al. (2008) avaliaram a biodisponibilidade de manganês a partir de três fontes de sais inorgânicos desse mineral (cloreto, óxido e sulfato) em frangos de corte com 5 semanas de idade. Cada um dos sais foi suplementado em concentrações diferentes, 100, 1000 e 2000 mg/kg em dieta basal de milho e farelo de soja. Não houve diferenças nos parâmetros de ganho de peso, anormalidades das pernas, peso e cinza das tíbias entre os sais testados. Porém, o cloreto de manganês influenciou negativamente a conversão alimentar, aumentou as concentrações de manganês na tíbia, fígado e rins, em comparação com o óxido e o sulfato. Entretanto, o óxido e sulfato apresentaram deposição de manganês menor nos ossos, fígado e rins, comparados com o cloreto. Os autores concluíram que a suplementação com cloreto de manganês, em baixas concentrações, teve maior biodisponibilidade em comparação com as outras fontes inorgânicas do mineral testadas.

Os minerais inorgânicos ao alcançarem o trato gastrointestinal devem ser solubilizados para liberarem seus íons e, assim, serem absorvidos. Na forma iônica, os minerais estão

susceptíveis a formarem complexos com outros componentes da dieta, dificultando ou impossibilitando a absorção pelas células do lúmen intestinal. Tendo em vista essa possibilidade de formação dos complexos insolúveis, a utilização de níveis superiores aos recomendáveis para a suplementação dos microminerais é amplamente fornecida na dieta dos animais, como forma de assegurar a otimização do desempenho, porém essa prática gera problemas, que vai além do maior custo da ração a contaminações no meio ambiente (Araújo et al., 2008; Scottá et al., 2014).

A elevada suplementação dos microminerais nas dietas resulta em alta concentração desses elementos nas excretas das aves e, conseqüentemente, um acúmulo no meio ambiente, por exemplo, a avaliação da excreta de aves alimentadas com suplementação de minerais inorgânicos, com níveis superiores aos recomendados pelo NRC (1994), continham 660 e 560% de zinco e cobre, respectivamente. Tais minerais em contato com o solo são potenciais poluentes (Bao et al., 2007).

O fato da possibilidade de formação de complexos insolúveis, e dos riscos eminentes ao meio ambiente pelas altas suplementações dos microminerais geram preocupações com a eficiência de absorção dos minerais pelo organismo animal, o que fez com que se buscasse outra forma de oferecer esses elementos na dieta. Os minerais quelatados apresentam-se como uma solução para esse problema. Estudos indicam que eles são mais biodisponíveis à absorção, pois não formam compostos indigestíveis com o ácido fítico, por exemplo (Leeson e Summers, 2005).

3.2. Fonte quelatada

Os minerais quelatados são combinações de um ou mais minerais com alguma molécula orgânica, seja ela aminoácidos, carboidratos, ou até mesmo proteínas (Araújo et al., 2008). Podem-se destacar também, dentre as fontes quelatadas de minerais os ácidos aminados, ascórbico, cítrico, glucônico e etilenodiaminotetracético (AAFCO, 1999). A produção desses minerais acontece a partir do compartilhamento de elétrons entre o mineral e um ligante orgânico, que geralmente é uma molécula aniônica ou que tenha um par de elétrons disponíveis para realizar uma ligação. A afinidade de um quelato com o íon mineral pode ser expressa quantitativamente através da constante de estabilidade (Kiefer, 2005). A Tabela 1 apresenta as relações da constante de estabilidade de alguns íons minerais. Observa-

se que os quelatos formados com o manganês possuem uma das menores constante de estabilidade, perdendo apenas para o magnésio.

TABELA 1. Constante de estabilidade de alguns quelatos com os microminerais (relação 1:1 de ligante: íon metal H₂O a 20°C)

Ligante	Cu ⁺⁺	Ni ⁺⁺	Zn ⁺⁺	Co ⁺⁺	Fe ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Mg ⁺⁺
Glicina	8,5	6	5	5	4	3	2
Cisteína	-	10	10	-	6	4	4
Histidina	10,5	9	7	7	5	4	4
Histamina	10	7	5	5	4	-	-
EDTA	19	18	16	16	14	13,5	9
Guanosina	6	4	4,5	3	4	3	-
Ácido oxálico	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3
Ácido salicílico	11	7	7	7	6	6	-
Tetraciclina	8	6	5	5	5	4	4

Fonte: Lesson e Summers (2001)

Os minerais quelatados circulam na forma complexada e não como íons inorgânicos, reduzindo assim a solubilidade e perdas por excreção antes de serem absorvidos (Vieira et al., 2011). Esses elementos usam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, portanto, sua absorção pode seguir duas vias: o mineral pode se ligar à borda em escova sendo captado pela célula epitelial, ou como acontece com mais frequência, onde o agente quelante é absorvido, levando consigo o mineral (Kiefer, 2005). Essa característica absorptiva aumenta a biodisponibilidade dos minerais quelatados, a qual é considerada como um dos fatores que incentiva a utilização desses complexos na suplementação animal, em substituição às fontes inorgânicas dos minerais, que possuem menor biodisponibilidade. Desta forma, menores quantidades dos minerais podem ser utilizadas.

Na forma quelatada, os minerais não formam complexos indesejáveis com o fitato ou a fibra, tornando-os assim mais disponíveis para melhor absorção. Avaliando a suplementação dos microminerais cobre, ferro, manganês e zinco sobre a taxa de crescimento e a concentração desses minerais nas excretas de frango de corte, Bao et al. (2007) analisaram uma dieta basal, sem a suplementação dos microminerais testados, e quatro dietas contendo níveis de suplementação dos minerais, bem como diferentes fontes desses elementos. Três das

dietas continham os minerais quelatados em concentrações de 2 mg/kg de cobre e 20 mg/kg de ferro, manganês e zinco (baixo nível de suplementação), 4 mg/kg de cobre e 40 mg/kg de ferro, manganês e zinco (médio nível de suplementação), e 8 mg/kg de cobre e 80 mg/kg de ferro, manganês e zinco (alto nível de suplementação). A quarta dieta era suplementada com 5 mg/kg de cobre e 50 mg/kg de ferro, manganês e zinco, provindos de uma fonte inorgânica. Os autores concluíram que o nível mais baixo de suplementação dos minerais na fonte quelatada foi suficiente para eficiente taxa de crescimento das aves, e diminuição da presença desses minerais nas excretas, em comparação com a suplementação inorgânica.

A preocupação crescente para com a diminuição do desperdício de compostos da ração via excreção dos animais, que afeta diretamente o custo com a nutrição, bem como a contaminação ambiental, constitui um fator pelo qual os minerais quelatados estão sendo mais buscados. Tais compostos são mais estáveis às variações de pH ao longo do trato gastrointestinal das aves, mostrando assim maior digestibilidade, levando a menor excreção desses minerais para o meio ambiente (Carvalho et al., 2018).

Yuan et al. (2011) relataram que a substituição de 100% de zinco/manganês inorgânico em dietas para frangos de corte, por 100% de zinco/manganês quelatados, resultou em redução significativa desses minerais nas excretas das aves. Os mesmos pesquisadores relataram também, que a inclusão de 80% de zinco/manganês nas dietas, reduziu ainda mais os níveis desses minerais excretados, sem prejudicar o desempenho e crescimento das aves.

Para determinarem o nível de excreção de alguns minerais quelatados (cobre, ferro, manganês e zinco) na dieta de frangos de corte, Carvalho et al. (2018) avaliaram níveis de inclusão desses minerais em dieta basal de milho e farelo de soja, com a suplementação de uma fonte inorgânica (dieta controle) e outras três dietas com a suplementação de níveis crescentes de fonte quelatada (50%, 75% e 100%). Os níveis de excreção dos minerais quelatados variaram de acordo com a suplementação dada na dieta, independente do tipo do mineral. Inclusões de 50% e 75% apresentaram os menores níveis de excreção de todos os minerais testados, em comparação com o nível de 100%. Quando comparada a excreção entre a dieta controle (suplementada com fonte inorgânica) e as outras dietas testadas (suplementadas com fonte quelatada) observou-se maior excreção dos minerais na dieta controle, em comparação com as demais dietas. Concluindo assim, que os minerais quelatados têm maior absorção pelos animais e conseqüentemente menor excreção e contaminação do ambiente.

Em contrapartida, Mwangi et al. (2019), estudando a diferença de biodisponibilidade entre fonte inorgânica e quelatada de manganês na dieta para frangos de corte, observaram que o conteúdo de manganês na excreta das aves foi influenciado pelo nível do mineral usadas na dieta, independente da fonte testada. Dietas a base de milho e farelo de soja, contendo 17 mg/kg de manganês tiveram menores concentrações do mineral nas excretas, em comparação com as dietas suplementadas com 60 mg/kg de manganês, além de não apresentarem problemas nos desempenhos produtivo e qualidade óssea, nas aves alimentadas com as dietas de baixa concentração de manganês.

4. Efeitos da suplementação de manganês sobre o desempenho

A suplementação de manganês para frangos de corte tem seu efeito avaliado através da biodisponibilidade do mineral contido na dieta, a qual pode ser alterada, dependendo da fonte utilizada para suplementar o manganês na dieta, inorgânica ou quelatada, podendo trazer alguma alteração no desempenho produtivo, quando comparadas as fontes (Kiefer, 2005). Para aferir essa biodisponibilidade, o parâmetro de desempenho produtivo é uma das ferramentas utilizadas. Dentre esses parâmetros de desempenho, valores de consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade são amplamente utilizados pelos pesquisadores como fontes para avaliar algum efeito da suplementação de manganês na dieta das aves (Sakomura et al., 2014).

Diversos trabalhos foram realizados para determinar os melhores níveis de suplementação de manganês em frangos de corte e seus efeitos sobre o desempenho dessas aves foram mensurados como forma de avaliar qual o melhor nível a ser recomendado para a suplementação alimentar. Collins e Moran (1999) avaliaram níveis de suplementação de manganês (Mn) e zinco (Zn) na dieta a base de milho e farelo de soja, em frangos de corte criados até 49 dias de idade. Os níveis foram de 0:0, 60:50, 120:100 e 180:150 mg/kg da fonte inorgânica de Mn:Zn, respectivamente. Os autores não encontraram diferenças significativas ao avaliarem o peso corporal, conversão alimentar e mortalidade nas aves que receberam a suplementação até o maior nível de manganês na dieta.

Sunder et al. (2006) avaliaram os efeitos da suplementação de manganês em dieta basal de milho e farelo de soja para frangos de corte, onde os níveis de sulfato de manganês foram adicionados em concentrações de 0, 100, 400, 800, 1600 e 3200 mg/kg. Os resultados

indicaram que as suplementações de 0 a 800 mg/kg não tiveram influências no ganho de peso, consumo de ração, mas houve declínio significativo em ambos os parâmetros, para os níveis de 1600 e 3200 mg/kg.

A avaliação da variação da biodisponibilidade entre as fonte de manganês também foi estudada, quando se testou uma fonte inorgânica de manganês ($MnSO_4$) em comparação com uma fonte quelatada do mesmo mineral, na presença ou não de arginina, suplementando uma dieta basal para frangos de corte. Avaliou-se o desempenho produtivo, qualidade óssea e competências imunológicas das aves. Para os parâmetros de desempenho, houve diferença significativa na conversão alimentar em todo o período experimental (1 a 45 dias), que foi melhor ($P < 0,05$) para as aves alimentadas com o manganês quelatado mais a suplementação de arginina, em relação às aves suplementadas com o manganês inorgânico (Burin Junior, 2016).

Em sua revisão de literatura, Olgun (2017) compilou trabalhos onde o nível de inclusão abaixo de 200 mg/kg de manganês na dieta para frangos de corte não teve efeito significativo sobre o desempenho, porém os níveis de suplementação acima de 400 mg/kg de manganês interferiram sobre os parâmetros de desempenho, como diminuição do consumo de ração e piores resultados de conversão alimentar.

Avaliando o efeito da suplementação de manganês, cobre, nucleotídeos purificados e ácido guanidinoacético em dietas para frangos de corte sobre o desempenho produtivo, qualidade da carcaça e prevenção de miopatias do peito. Vargas (2019) utilizou valores suplementados na dieta basal, a qual foi formulada a base de milho e farelo de soja, de 40 mg de manganês/kg, 7 mg de cobre/kg, 600 mg de ácido guanidinoacético/kg e 1000 mg de nucleotídeos purificados/kg. Para os parâmetros de desempenho avaliados, como peso médio, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, não houve diferença entre a dieta basal, sem suplementação de manganês, para a dieta suplementada.

5. Efeitos da suplementação de manganês sobre a qualidade óssea

Nas aves uma das funções do manganês é a formação da matriz óssea. Quando há deficiência desse mineral, anomalias nas pernas e dedos podem aparecer, como a incidência de perose, que é o engrossamento e formação defeituosa da junta tíbio-tarsal, provocando o deslocamento do tendão Aquiles de sua posição normal (Cupertino et al., 2005). Nos ossos, o

manganês é armazenado em sua maioria na matriz inorgânica, a qual é formada, principalmente, por cálcio e fósforo, porções menores de manganês são depositadas na matriz orgânica óssea, e são disponibilizadas para a síntese de proteoglicanos, sendo essencial para a manutenção da mineralização dos ossos (Liu et al., 1994; Jasek et al., 2019).

De acordo com Kestin et al. (1999), as aves com má formação óssea, ou dores nos ossos, ficam a maior parte do tempo sentadas sobre as articulações tíbiotarsometatarsianas e provavelmente possuem maior predisposição em desenvolverem calos ou feridas de pé, e dermatites de contato na região do tarso, depreciando assim, a carcaça no momento do abate. Além disso, continuam os autores, as aves com problemas ósseos, vão menos vezes aos comedouros, influenciando negativamente seu desempenho produtivo. Ter uma eficiente formação do osso é fundamental para evitar problemas locomotores, que trazem prejuízos não apenas ao bem estar das aves, como no bom desempenho desse animal durante o ciclo de criação (Bernardi, 2011).

Corr et al. (2003) citam vários fatores que podem ocasionar os problemas locomotores nas aves, dentre eles, os desarranjos nutricionais, especialmente nas deficiências ou desequilíbrio dos minerais nas dietas, além do rápido ganho de peso das linhagens atuais, onde o aumento da massa muscular da região do peito, faz com que haja uma sobrecarga de peso nos ossos da perna dos frangos, ocasionando problemas ósseos casos esses não se desenvolveram eficientemente para suportar tal carga de peso.

A ave tem que apresentar uma conformação óssea que sustente seu peso e evite problemas ósseos no processo de abate. No momento da apanha, as aves devem suportar o procedimento de pega e agrupamento nas caixas de transporte, sem que haja deslocamento ósseo. Além disso, a formação inadequada dos ossos pode aumentar a incidência de arranhões na carcaça, desclassificando essas aves no abate. Isso porque as aves com distúrbios locomotores ficam mais paradas e, assim, sofrem o amontoamento das que estão saudáveis, durante o transporte até o abatedouro. Esses arranhões são causados pelo contato das unhas das aves saudáveis em relação às aves com menor mobilidade e estão relacionados com fatores de condições térmicas, estresse ou problemas de pernas (Baldo, 2018).

No abatedouro, as aves são destinadas à linha de abate, iniciando o processo pela pendura nas nórias, onde esses animais podem sofrer contusões ou fraturas nos ossos longos da perna, causados pelo manejo da pendura. Porém esse processo pode ser agravado, caso as

aves não tenham tido uma mineralização eficiente dos ossos, e conseqüentemente, não terá boa resistência à fratura. Segundo Mendonça Junior e Xavier (1999), há uma ocorrência de 3 a 6% de descartes de aves na linha de abate por apresentarem problemas de pernas, resultando em significativa perda econômica.

Souza et al. (2016) identificaram e quantificaram as principais condenações não patológicas de carcaças de frango de corte em abatedouros frigoríficos no estado do Piauí. Os autores relatam que condenações por contusões ou fraturas representam 54,38% das carcaças condenadas nos abatedouros, e tem como fatores o manejo incorreto no momento da apanha, transporte, pendura e má regulagem dos equipamentos utilizados na linha de abate. Contudo, esses fatores podem ser agravados, por uma incorreta formação da matriz óssea, gerando menor resistência ao manejo.

A força mecânica óssea é afetada pela nutrição, genes ligados ao colágeno e proteínas, quantidade e qualidade da matéria mineral que compõe os ossos, além da estrutura e formato do osso. A resistência à quebra é comumente utilizada como parâmetro para averiguar a qualidade óssea (Fanatico et al., 2005). Tal análise é mensurada por meio da reação do osso, quando esse é submetido a uma força, geralmente feita por um ensaio de flexão (Talaty et al., 2009).

A densidade óssea também é considerada um parâmetro de avaliação da qualidade óssea, pois ela está ligada diretamente com o grau de mineralização do osso, e por conseqüência, sua força e resistência. (Amadori, 2015). Juntamente com a densidade, a avaliação das cinzas ósseas também é utilizada como parâmetro de medida da mineralização do osso. A quantidade de cinzas (material inorgânico) presente no osso é proporcional ao seu grau de dureza ou força de compreensão, ao mesmo tempo, que a porção orgânica do osso é importante para fornecer a resistência à tração e flexibilidade (Shim et al., 2012).

Ghosh et al. (2016) realizaram experimento para averiguar o efeito da suplementação de manganês e fitase no desempenho, características de carcaça e imunidade em frangos de corte. A dieta basal formulada à base de milho e farelo de soja foi suplementada com manganês em níveis de 50, 75 e 100 mg/kg constituindo três tratamentos, e outros três tratamentos com os mesmos valores de suplementação do mineral, juntamente com a adição de 500 FTU/kg de fitase microbiana. Foram observadas aves com anomalias nas pernas, no tratamento controle (dieta basal sem suplementação) em comparação com os demais tratamentos. As

concentrações de cálcio, fósforo e manganês na tíbia foram medidas através da avaliação das cinzas ósseas, onde os resultados não apresentaram diferença entre os tratamentos.

Saldanha (2019) avaliou a biodisponibilidade relativa do manganês em sua forma quelatada (proteinato de manganês) em comparação com a forma inorgânica (sulfato de manganês) para frangos de corte alimentados com uma dieta basal de milho e farelo de soja de um a 20 dias e de 20 a 40 dias de idade. Os parâmetros ósseos utilizados para avaliar a biodisponibilidade de manganês foram a concentração de cinzas na tíbia e a resistência à compressão do fêmur. Observou-se que tais parâmetros foram satisfatórios na comparação entre o proteinato de manganês, que apresentou 111% de biodisponibilidade relativa na resistência óssea e 105% de biodisponibilidade com base na concentração de manganês na tíbia, em relação ao sulfato de manganês. Portanto, o proteinato de manganês foi em média 15% mais biodisponível para frangos de corte, do que o sulfato de manganês.

REFERÊNCIAS

- ABPA-Associação Brasileira de Proteína Animal (São Paulo). 2019. Relatório Anual. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatoriosanuais/2019>>. Acesso em: 29 nov. 2019.
- AMADORI, M.S. Gait score, qualidade óssea e bem-estar em frangos de corte. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, 2015.
- ARAUJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras. *Acta Veterinaria Brasílica*, v.2, p.53-60, 2008.
- ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. *Official Publication*, p. 143. Association of American Feed Control Officials, 1999.
- BALDO, G.A.A. 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, 2018.
- BAO, Y.M.; CHOCT, M.; IJI, P.A.; BRUERTON, K. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Poultry Science Association*, Inc. 2007.
- BERNARDI, R. Problemas locomotores e frangos de corte. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Grande Dourados, 2011.

BERTA, E., E. ANDRÁSOF SZKY, A. BERSÉNYI, R. GLÁVITS, A. GÁSPÁRDY, AND S.G. FEKETE. Effect of inorganic and organic manganese supplementation on the performance and tissue manganese content of broiler chicks. *Acta Vet. Hung.* 52:199-209, 2004.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012.

BOIAGO, M.M., BORBA, H., SOUZA, P.A., SCATOLINI, A.M., FERRARI, F.B., GIAMPIETRO-GANECO, A. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados sob condições de estresse térmico. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.65, n.1, p.241-247, 2013.

BORGES, S.A.; SILVA, A.V.F.; ARIKI, J.; HOOGE, D.M.; CUMMINGS, K.R. Dietary Electrolyte Balance for Broiler Chickens Exposed to Thermoneutral or Heat-Stress Environments. *Poultry Science*, 82:428-435, 2003.

BROOKS, M.A.; GRIMES, J.L.; LLOYD, K.E.; VALDEZ, F.; SPEARS, J.W. Relative bioavailability in chicks of manganese from manganese propionate. *Journal of Applied Poultry Research*, v.21, p.126-130, 2012.

BROWN, S. E.; JAFFE, R. Acid-alkaline balance and its effect on bone health. *International Journal of Integrative Medicine*, 2 (1): 7-15, 2000.

BURIN JUNIOR, A.M. Suplementação de arginina e manganês sobre o desempenho produtivo, desempenho ósseo e competência imunológica de frangos de corte. Dissertação (Mestrado) – Ciência Animal. Universidade Federal do Paraná, 2016.

CARVALHO, L.; LIMÃO, V.; FAGUNDES, N.S.; FERNANDES, E. Excretion level of trace minerals in broilers fed organic mineral. *Ciência Animal Brasileira, Goiânia*, v.19, 1-8, e-33086, 2018.

COBB 500. Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte. Cobb-Vantress Inc., Siloam Springs, Arkansas, USA, 2018.

COLLINS, N.E.; MORAN, E.T.JR. Influence of supplemental manganese and zinco n liveperformance and carcass quality of broilers. *Journal Appl. Poultry Reviste*, 8:222-227, 1999.

CONLY, A.K.; POURESLAMI, R.; KOUTSOS, E.A.; BATAL, A.B.; JUNG, B.; BECKSTEAD, R.; PETERSON, D.G. Tolerance and efficacy of tribasic manganese chloride in growing broiler chickens. *Poultry Science*, v.91, p.1633-1640, 2012.

CORR, S. A., GENTLE, M. J., McCORQUODALE, C. C., BENNET, D. The effect of morphology on walking ability in the modern broiler: A gait analysis study. *Animal Welfare*, 12:159-171, 2003.

CUPERTINO, E.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; CECON, P.R.; SCHIMIDT, M. Exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.2308-2315, 2005.

FAIRWEATHER-TAIT, S.; HURRELL, R.F. Bioavailability of minerals and trace elements. *Nutrition Research Reviews*, 9, 295-324, 1996.

FANATICO, A.C.; CAVITT, L.C.; PILLAI, P.B.; EMMERT, J.L.; OWENS, C.M. Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: meat quality. *Poultry Science* 84:1785–1790, 2005.

FEDNA. Necesidades Nutricionales para Avicultura: Normas Fedna. 2ª ed. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, 2018.

GAJULA, S.S.; GOPINATH, N.C.S.; PANDA, A.; KUMAR, C.H.V.; RAO, S.V.R.; RAJU, M.V.L.N. Relative bioavailability of manganese from its chloride, oxide and sulfate salts for broiler chickens. *The Indian Journal of Animal Science*, v.78, p. 775-779, 2008.

GAJULA, S.S.; CHALASANI, V.K.; PANDA, A.K.; MANTENA, V.L.; SAVARAM, R.R. 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*, v.139, p.177–187, 2011.

GHEISARI, A.A.; SANEI, A.; SAMIE, A.; GHEISARI, M.M.; TOGHYANI, M. 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. *Biol Trace Elem Res*, 142:557-571, 2011.

GIBBONS, R.A.; DIXON, S.N.; HALLIS, K.; RUSSELL, A.M.; SANSOM, B.F.; SYMONDS, H.W. Manganese metabolism in cows and goats. *Biochimica et Biophysica Acta*, v.444, p.1-10, 1976.

GHOSH, A.; MANDAL, G.P.; ROY, A.; PATRA, A.K. Effects of supplementation of manganese with or without phytase on growth performance, carcass traits, muscle and tibia composition, and immunity in broiler chickens. *Elsevier B.V. All rights reserved*. 1871-1413, 2016.

HUBBARD BROILER MANAGEMENT GUIDE. Fast Growth. American Hubbard LLC. Walpole, New Hampshire, USA, 2016.

JASEK, A.; COUFAL, C.D.; PARR, T.M.; LEE, J.T. Evaluation of increasing manganese hydroxychloride level on male broiler growth performance and tibia strength. *Journal Appl. Poult. Res*: 0: 1-9, 2019.

KESTIN, S. C., Su, G., SORENSEN, P. Different commercial broiler crosses have different susceptibilities to leg weakness. *Poultry Science*, 78 : 1085-1090, 1999.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, p.206 -220, 2005.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Scott's Nutrition of the Chicken*. 4. ed. Ontario: University Books, 2001.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Commercial poultry nutrition*. 3.ed. Ontario: University Books, 2005.

LIU, A.C.H.; HEINRICH, B.S.; LEACH, R.M. Influence of manganese deficiency on the characteristics of proteoglycans of avian epiphyseal growth plate cartilage. *Poultry Science*, v.73, p.663-669, 1994.

LOPEZ, H.W.; LEENHARDT, F.; COUDRAY, C.; REMESY, C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition?. *International Journal of Food Science and Technology*, v.37, p.727-739, 2002.

LU, L.; CHANG, B.; LIAO, X.; WANG, R.; ZHANG, L.; LUO, X. Use of molecular biomarkers to estimate manganese requirements for broiler chickens from 22 to 42 d of age. *British Journal of Nutrition*, v.116, p.1512-1518, 2016.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

MENDONÇA JUNIOR, XAVIER, C. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, p. 29-36, v.2, n.2, 1999.

MWANGI, S.; TIMMONS, J.; AO, T.; PAUL, M.; MACALINTAL, L.; PESCATORE, A.; CANTOR, A.; DAWSON, K.A. Effect of manganese preconditioning and replacing inorganic manganese with organic manganese on performance of male broiler chicks. *Poultry Science* 0:1-9, 2019.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. *Nutrient requirements of poultry*. 9.ed. National Academic Press, Washington, D.C., 1994.

OLIVEIRA, M.C.; ARANTES, U.M.; STRINGHINI, J.H. Efeito do balanço eletrolítico da ração sobre parâmetros ósseos e da cama de frango. *Biotemas*, 23 (1) : 203-209, março, 2010.

OLGUN, O. Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. *World's Poultry Science Journal*, v.73, p.45-56, 2017.

RIBEIRO, A.M.L.; VOGT, L.K.; CANAL, C.W.; LAGANÁ, C.; STRECK, A.F. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.4, p.636-644, 2008.

ROSS 308 AP. *Especificaciones de Nutrición*. América Latina Pollo de Engorde. 0417-AVNR-078. Aviagen. Alabama, USA, 2017.

SAKOMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.S.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. Nutrição de não ruminantes. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2014.

SALDANHA, M.M. Exigência e biodisponibilidade de manganês para frangos de corte. Tese de doutorado em nutrição de não ruminantes, Escola de Veterinária, UFMG, 2019.

SCHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; BERTERCHINI, A.G.; FREITAS, R.T.F. de; CONTE, A.J.; SILVA, H.O. Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. v-26, n.6, p.1313-1321, nov./dez. 2002.

SCOTTÁ, B.A.; VIEIRA, R.A.; GOMIDE, A.P.C.; CAMPOS, P.F.; BARROCA, C.C.; FORMIGONI, A.S. Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. *PUBVET*, Londrina, V. 8, N. 9, Ed. 258, Art. 1710, Maio, 2014.

SERAFINI, N.C. Fitase e fontes de minerais para frangos de corte. Dissertação de mestrado na área de produção animal. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2018.

SHIM, M.Y.; KARNUAH, A.B.; MITCHELL D.; ANTHONY, N.B.; PESTI, G.M.; AGGREY, S.E. The effects of growth rate on leg morphology and tibia breaking strength, mineral density, mineral content, and bone ash in broilers. *Poultry Science*, v.91, p.1790–1795, 2012.

SIRRI, F.; MAIORANO, G.; TAVANIELLO, S.; CHEN, J.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A. Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. *Poultry Science*, v.95, p.1813–1824, 2016.

SOUZA, I.J.G.S.; PINHEIRO, R.E.E.; RODRIGUES, A.M.D.; JÚNIOR, M.H.K.; PENELUC, T. Condições não patológicas de carcaças de frangos em um matadouro-frigorífero sob inspeção federal no estado do Piauí. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*. v.10, n.1, p. 68 – 77, jan – març., 2016.

SUNDER, G.S.; PANDA, A.K.; GOPINATH, N.C.S.; RAJU, M.V.L.N.; RAMA RAO, S.V.; KUMAR, C.V. Effect of supplemental manganese on mineral uptake by tissues and immune response in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 43 : 371-377, 2006.

SUTTLE, N.F. Mineral nutrition of livestock. 4.ed. Wallingford: CABI Publishing. 2010.

TALATY, P.N.; KATANBAF, M.N.; HESTER, P.Y. Life cycle changes in bone mineralization and bone size traits of commercial broilers. *Poultry Science* 88 : 1070–1077, 2009.

VARGAS, L.F. Efeito da adição de diferentes nutrientes na dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção de peito madeira e estrias brancas em frangos de corte. Dissertação (Mestrado) – Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

VIEIRA, J.G.H. Considerações sobre os marcadores bioquímicos do metabolismo ósseo e sua utilidade prática. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, v.43, p.415-422, 1999.

VIEIRA, R.A.; HANNAS, M.I.; ALBINO, L.F.; TAVERNARI, F.C. Utilização de minerais quelatados e de selênio levedura na alimentação de frangos de corte. *Revista Agrominas*, outubro, 2011.

WANG, F.; LU, L.; LI, S.; LIU, S.; ZHANG, L.; YAO, J.; LUO, X. Relative bioavailability of manganese proteinate for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. *Biological Trace Element Research*, v.146, p.181-186, 2012.

WANG, J.; WANG, Z.Y.; WANG, Z.J.; LIU, R.; LIU, S.Q.; WANG, L. Effects of manganese deficiency on chondrocyte development in tibia growth plate of Arbor Acres chicks. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, v.33, p.23-29, 2015.

YANG, X.J.; SUN, X.X.; LI, C. Y.; ET AL. Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, v.20, p.263–271, 2011.

YUAN, J., X. ZHIHONG, C. HUANG, S. ZHOU, AND Y. GUO. Effect of dietary Mintrex-Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn related enzymes and fecal mineral excretion in broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 168:72–79. 2011.

ZHU YW, LU L, LI WX, ZHANG LY, JI C, LIN X, LUO XG. Effect of dietary manganese on antioxidant status and expressions of heat shock proteins and factors in tissues of laying broiler breeders under normal and high environmental temperatures. *British Journal of Nutrition*, v.116, p.1851-1860, 2016.

CAPÍTULO II - Influência da suplementação com óxido de manganês sobre o desempenho e parâmetros ósseos em frangos de corte

RESUMO - Objetivou-se avaliar a suplementação de manganês para frangos de corte alimentados com uma dieta à base de milho e farelo de soja, de um a 35 dias de idade. Foram utilizados 720 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®], distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos de seis repetições com 30 aves cada. Os tratamentos foram definidos pela suplementação de 0, 35, 70 e 105 mg de manganês/kg de ração na forma de óxido de manganês (MnO). Foram avaliados o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade e índice de eficiência produtiva, como parâmetros de desempenho. Para qualidade óssea foram avaliados o índice de Seedor, cinzas ósseas, concentrações de manganês no fêmur, cálcio e fósforo no fêmur e a resistência óssea. Sendo os níveis de suplementação do manganês estabelecidos por meio dos modelos de regressão linear ou quadrático, conforme o melhor ajuste dos dados. A ocorrência de lesões ou fraturas ósseas foi avaliada na linha de abate em um abatedouro comercial, durante o abate e não foi observada nenhuma incidência de contusões ou lesões traumáticas dos ossos. Não houve diferenças para as variáveis de desempenho, índice de Seedor, concentração de fósforo no fêmur, cinzas e resistência óssea dos frangos de corte ($P > 0,05$). As concentrações de manganês e de cálcio no fêmur apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), com estimativa da exigência de manganês para frangos de corte de 57,36 mg de manganês/kg para a máxima concentração de manganês no fêmur e 81,07 mg de manganês/kg para a máxima concentração de cálcio no fêmur. A suplementação de manganês em uma dieta a base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de manganês/kg, não é necessária para que os frangos de corte tenham bom desempenho e qualidade óssea.

Palavras-chave: desempenho, qualidade óssea, mineral, fonte inorgânica

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the use of manganese supplementation for broilers fed a diet based on corn and soybean meal, from one to 35 days old. 720 male broilers of the Cobb[®] strain were used, distributed in a completely randomized design in four treatments of six replications with 30 birds each. The treatments were defined by supplementing 0, 35, 70 and 105 mg of manganese / kg of feed in the form of manganese oxide (MnO). Feed intake, weight gain, feed conversion, viability and productive efficiency

index were evaluated as performance parameters. For bone quality, the Seedor index, bone ash, concentrations of manganese, calcium and phosphorus in the femur and bone strength were evaluated. The levels of manganese supplementation are established using linear or quadratic regression models, according to the best fit of the data. The occurrence of injuries or bone fractures was checked during the process in the slaughter line of a commercial slaughterhouse from the moment of hanging up to the cut of the feet and no incidence of bruises or traumatic bone injuries was observed. There were no differences for performance variables, Seedor index, phosphorus concentration, ash and bone strength of broilers, regardless of the level of manganese supplemented in the diet. The concentrations of manganese and calcium in the femur showed a significant difference ($P < 0.05$), with an estimated manganese requirement for broilers of 57.36 mg of manganese / kg for the maximum magnesium concentration and 81, 07 mg of manganese / kg for maximum calcium concentration in the femur. In fact, manganese supplementation in a diet based on corn and soybean meal is not necessary for broilers to have good performance and bone quality.

Keywords: performance, bone quality, mineral, manganese oxide

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).

Todavia, a absorção dos microminerais nem sempre é eficiente, de modo que a suplementação desses elementos nas dietas para frangos de corte traz benefícios, como o equilíbrio dos níveis nutricionais desses microelementos nas rações, de modo a auxiliar nos processos metabólicos corporais, nos quais esses minerais estão envolvidos. Porém, uma suplementação em excesso pode trazer consequências indesejáveis, como o acúmulo dos minerais nas excretas, gerando desperdício desses elementos e aumento no custo da ração (Scottá et al., 2014).

Dentre os 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). As fontes de manganês mais utilizadas para a suplementação na dieta das aves são as inorgânicas, que podem ser oferecidas nas rações na forma natural (mineral *in natura*) ou em misturas minerais (premix) (Araújo et al., 2008). A principal fonte de manganês utilizada na dieta das aves está na forma de óxido, onde a faixa de biodisponibilidade desse mineral está entre 50 a 70%. As outras fontes, como os sulfatos e carbonatos, tem maior biodisponibilidade em comparação aos óxidos, porém não são economicamente viáveis (Lesson e Summers, 2005).

A suplementação de manganês 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).

Objetivou-se avaliar a utilização da suplementação do óxido de manganês como fonte inorgânica deste mineral sobre o desempenho e a qualidade óssea dos frangos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais descritos nessa pesquisa foram aprovados pela comissão de ética no uso de animais (CEUA) sob o protocolo nº 214/2019.

Procedimentos gerais

Foi conduzido um experimento, utilizando 720 frangos de corte machos, da linhagem Cobb[®], alojando 30 aves por boxe experimental (12 aves/m²). Durante os primeiros 14 dias de idade, as aves receberam 24 horas de luz artificial (por meio da lâmpada de 250 W de aquecimento), passando a receber iluminação natural a partir dessa idade até o final do experimento. A ração e a água foram fornecidas à vontade.

Foram utilizados quatro tratamentos e seis repetições de 30 aves 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 manganês.

TABELA 1. Composição da dieta basal do experimento

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.

Produto utilizado para suplementação de manganês: Monóxido de manganês (MnO), concentração de Mn de 550g/kg, natureza física: pó, lote: 10/19, fabricação: 28/05/2019, validade: 28/05/2022.

Os tratamentos foram definidos com base em níveis suplementares de manganês recomendados pela literatura (Saldanha, 2019), através da dieta basal suplementada com 0 (grupo controle), 35, 70 e 105 mg de manganês/kg na forma de monóxido de manganês (MnO), o qual continha 487,1 g de manganês/kg em sua composição analisada. As concentrações de manganês analisadas nas rações, de acordo com o nível de suplementação e a fase de criação das aves encontram-se na tabela abaixo (Tabela 2). A baixa concentração de manganês encontrada pela análise no monóxido de manganês, quando comparado ao valor da concentração do mesmo mineral que consta no rótulo do produto, 550g/kg, justifica os baixos valores encontrados de manganês analisado em cada ração (inicial e crescimento) nesse trabalho (Tabela 2).

TABELA 2. Concentração de manganês analisado nas rações experimentais testadas

Fonte de Mn	Mn adicionado (mg/kg)	Mn analisado (mg/kg)	
		Ração inicial	Ração crescimento
Controle	0	12,75	13,84
MnO	35	56,87	42,94
	70	87,45	72,06
	105	92,30	88,69

Variáveis analisadas

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

Aos 35 dias de idade, 96 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 pegas 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. Os ossos da tíbia foram medidos em seu maior comprimento (mm) com um paquímetro digital, e pesados (mg) em uma balança semianalítica digital.

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.

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. As análises estatísticas das variáveis estudadas foram realizadas utilizando-se o programa computacional software R (2019), sendo os níveis de suplementação de manganês 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 $P < 0,05$.

RESULTADOS

Desempenho das aves

Os níveis de manganês 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).

Análises ósseas

Não foi observada nenhuma incidência de contusões ou rompimento dos ossos durante os procedimentos de abate, 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 fósforo no fêmur e resistência óssea não diferiram (P >0,05) entre os níveis de suplementação de Mn, na fonte inorgânica (Tabela 4).

Houve efeito do nível dietético suplementar para a concentração de manganês no fêmur (P <0,05; Tabela 4), onde o melhor ajuste foi o quadrático, com nível estimado de 57,36 mg de manganês/kg (Tabelas 4 e 5; Figura 1) para maior concentração de manganês no osso. Para as concentrações de cálcio no fêmur esquerdo, houve diferença estatística (P <0,05) entre os níveis de suplementação do manganês na dieta, onde o modelo linear foi o de melhor ajuste, devido ao maior valor de R² e comportamento dos dados (Tabela 5 e Figura 1), sendo a estimativa da exigência de 81,07 mg de manganês/kg para maior concentração de cálcio no osso.

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

*MnF: concentração de manganês no fêmur, CaF: concentração de cálcio no fêmur, PF: concentração de fósforo no fêmur.

¹Com base na matéria seca desengordurada.

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
Concentração de Ca no fêmur					
	Linear ²	$y = 23,99 - 0,0722x$	81,07	0,011	0,873

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.

² Modelo de regressão linear: $y = \beta_0 + \beta_1 \times x$, onde y é a variável dependente, x é a concentração de Mn na dieta, β_0 é o intercepto, β_1 é a inclinação.

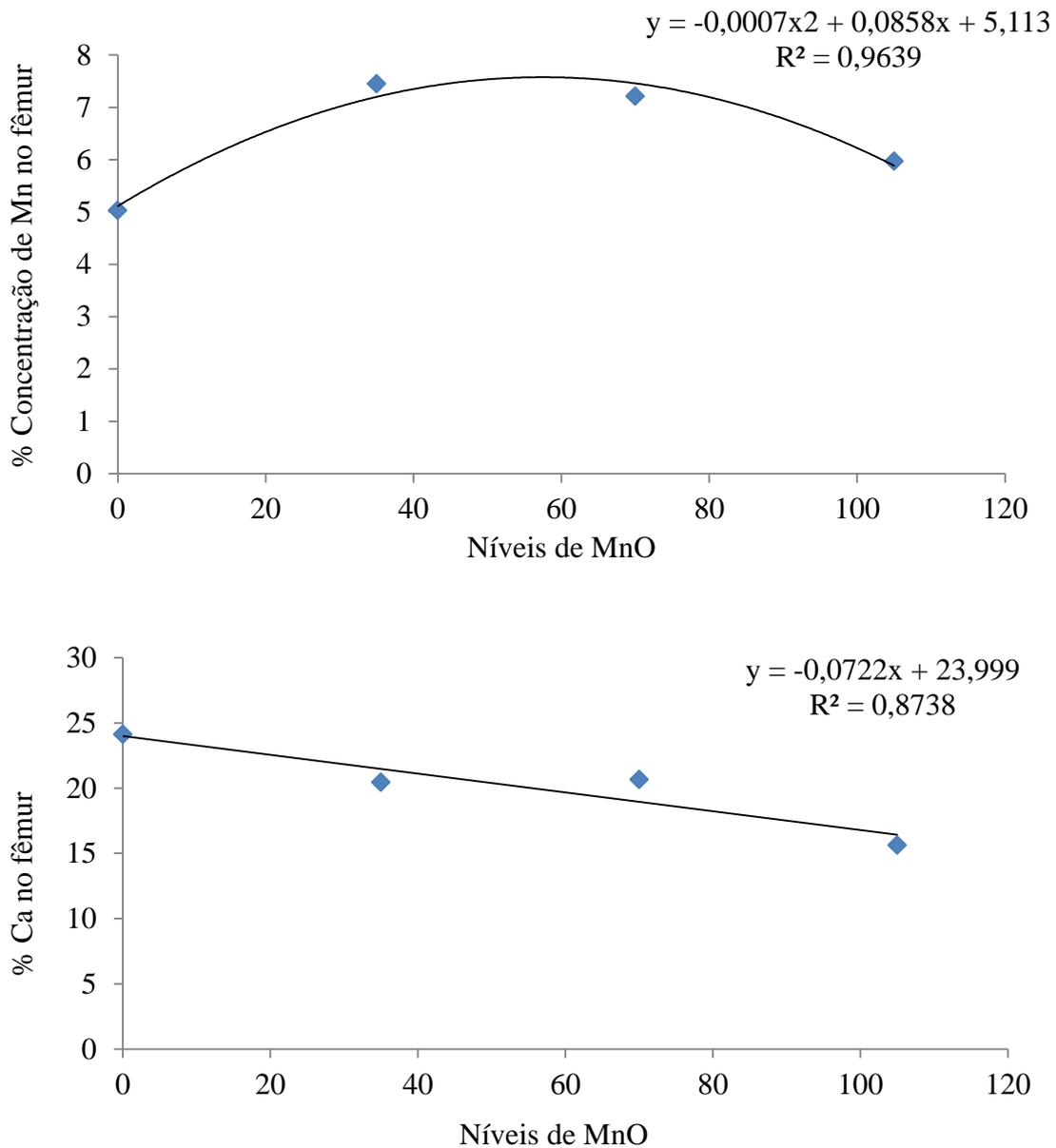


FIGURA 1. Gráficos das regressões polinomial quadrática e linear das variáveis que foram significativas ($P < 0,05$), respectivamente.

DISCUSSÃO

Os níveis de manganês suplementados não afetaram o desempenho dos frangos de corte. 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 manganês 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 manganês presentes nos ingredientes da ração basal foram capazes de suprir as exigências deste mineral no organismo animal. Desse modo a suplementação de manganês 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 manganês em dietas para frangos de corte sobre o desempenho. Além disso, Sunder et al. (2006) observaram que níveis de 1600 e 3200 mg de manganês/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 manganês 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 manganês no fêmur apresentou alteração de acordo com os tratamentos em que o maior nível de concentração desse mineral foi com a suplementação de 57,36 mg de manganês/kg. Níveis dietéticos superiores a essa concentração diminuiriam o acúmulo de manganês nos ossos. O resultado referente à concentração de manganês no fêmur, encontrado nessa pesquisa, pode ser explicado pelo fato de que o manganês 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 conseqüentemente 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. (2010) que ao avaliarem níveis crescentes de suplementação do manganês na sua forma inorgânica (60, 120 e 240 mg/kg) na dieta para frangos de corte, observaram que as concentrações de manganês 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 manganês no osso. Trabalhos realizados por outros pesquisadores obtiveram níveis ótimos para a suplementação de manganês na dieta para frangos de corte, como Cupertino et al. (2005) que sugeriram o nível de 90 mg/kg de manganês 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 manganês 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 manganês 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 cálcio e o fósforo (Macari et al., 2002). Na presente pesquisa houve alterações na concentração de cálcio no fêmur influenciado pelo nível de suplementação de manganês, demonstrando que o melhor nível é o de 81,07 mg de manganês/kg na dieta. A partir desse nível o aumento de manganês suplementar diminuiu consideravelmente a absorção e concentração de cálcio no fêmur das aves avaliadas. 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 cálcio em dietas contendo baixo teor de fósforo total e fitase para frangos de corte e concluíram que houve redução de manganês na matriz óssea das aves em função da alta concentração de cálcio na dieta, o que impossibilitou a absorção do manganês pelo lúmen intestinal desses animais.

Os outros parâmetros ósseos analisados neste trabalho, índice de Seedor, cinzas ósseas, concentração de fósforo no fêmur e resistência óssea, não foram influenciados pelos níveis de manganês suplementados nas dietas dos frangos de corte. 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 pendurados 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 manganês 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 manganês em rações a base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de manganês/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.

CONCLUSÃO

A suplementação de manganês na forma inorgânica em dietas à base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de manganês/kg, não se faz necessária, a fim de otimizar o desempenho e a resistência óssea em frangos de corte.

REFERÊNCIAS

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

AOAC International. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed., 3rd ver. Gaithersburg, MD. 2010.

ARAÚJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, C.B.; OLIVEIRA, E.R.A. Fontes de minerais para poedeiras. *Acta Veterinaria Brasílica*, v.2, p.53-60, 2008.

AVIAGEN BRIEF. Manejo pré-abate em frangos de corte. Fevereiro, 2013.

BALDO, G.A.A. 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, 2018.

BERTA, E., E. ANDRÁSOF SZKY, A. BERSÉNYI, R. GLÁVITS, A. GÁSPÁRDY, AND S.G. FEKETE. Effect of inorganic and organic manganese supplementation on the performance and tissue manganese content of broiler chicks. *Acta Vet. Hung.* 52:199-209, 2004.

COBB 500. Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte. Cobb-Vantress Inc., Siloam Springs, Arkansas, USA, 2018.

CUPERTINO, E.S.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; CECON, P.R.; SCHIMIDT, M. Exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.2308-2315, 2005.

GAJULA, S.S.; CHALASANI, V.K.; PANDA, A.K.; MANTENA, V.L.; SAVARAM, R.R. 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*, v.139, p.177–187, 2011.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Commercial poultry nutrition. 3.ed. Ontario: University Books, 2005.

LU, L.; CHANG, B.; LIAO, X.; WANG, R.; ZHANG, L.; LUO, X. Use of molecular biomarkers to estimate manganese requirements for broiler chickens from 22 to 42 d of age. *British Journal of Nutrition*, v.116, p.1512-1518, 2016.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

OLGUN, O. Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. *World's Poultry Science Journal*, v.73, p.45-56, 2017.

PACHECO, B.H.C.; FILHO, D.E.F.; NASCIMENTO, K.M.R.S.; CANIATTO, A.R.M., NATORI, M.M.; FARIA, D.E. 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. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

SALDANHA, M.M. Exigência e biodisponibilidade de manganês para frangos de corte. Tese de doutorado em nutrição de não ruminantes, Escola de Veterinária, UFMG, 2019.

SCHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; BERTERCHINI, A.G.; FREITAS, R.T.F. de; CONTE, A.J.; SILVA, H.O. Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. v-26, n.6, p.1313-1321, nov./dez. 2002.

SCOTTÁ, B.A.; VIEIRA, R.A.; GOMIDE, A.P.C.; CAMPOS, P.F.; BARROCA, C.C.; FORMIGONI, A.S. Influência dos minerais quelatados e inorgânicos no metabolismo,

desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de corte. *PUBVET*, Londrina, V. 8, N. 9, Ed. 258, Art. 1710, Maio, 2014.

SEEDOR, J.G. The biophosphanate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. *J. Bone Miner. Res.*, v.4, p.265-270, 1993.

SILVA, D.J., and A.C. QUEIROZ. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002.

SUNDER, G.S.; PANDA, A.K.; GOPINATH, N.C.S.; RAJU, M.V.L.N.; RAMA RAO, S.V.; KUMAR, C.V. Effect of supplemental manganese on mineral uptake by tissues and immune response in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 43 : 371-377, 2006.

CAPÍTULO III - Influência da suplementação com manganês aminoacídico quelatado sobre o desempenho e parâmetros ósseos em frangos de corte

RESUMO – Objetivou-se avaliar a suplementação de manganês para frangos de corte alimentados com uma dieta à base de milho e farelo de soja, de um a 35 dias de idade. Foram utilizados 720 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®], distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos de seis repetições com 30 aves cada. Os tratamentos foram definidos pela suplementação de 0, 35, 70 e 105 mg de manganês/kg de ração na forma quelatada de manganês (aminoacídico). Foram avaliados o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, viabilidade e índice de eficiência produtiva, como parâmetros de desempenho. Para qualidade óssea foram avaliados o índice de Seedor, cinzas ósseas, concentrações de manganês no fêmur, cálcio e fósforo no fêmur e a resistência óssea. Sendo os níveis de suplementação do manganês estabelecidos por meio dos modelos de regressão linear ou quadrático, conforme o melhor ajuste dos dados. A ocorrência de lesões ou fraturas ósseas foi avaliada na linha de abate em um abatedouro comercial, durante o abate e não foi observada nenhuma incidência de contusões ou lesões traumáticas dos ossos. Não houve diferenças para as variáveis de desempenho, índice de Seedor, concentrações de manganês e fósforo no fêmur, cinzas e resistência óssea dos frangos de corte ($P > 0,05$). A concentração de cálcio no fêmur apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), com estimativa da exigência de manganês para frangos de corte de 73,13 mg de manganês/kg para máxima concentração de cálcio no fêmur. A suplementação de manganês em uma dieta a base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de manganês/kg, não é necessária para que os frangos de corte tenham bom desempenho e qualidade óssea.

Palavras-chave: desempenho, qualidade óssea, mineral, fonte quelatada

ABSTRACT - The objective of this study was to evaluate the use of manganese supplementation for broilers fed a diet based on corn and soybean meal, from one to 35 days old. 720 male broilers of the Cobb[®] strain were used, distributed in a completely randomized design in four treatments of six replications with 30 birds each. The treatments were defined by supplementing 0, 35, 70 and 105 mg of manganese / kg of feed in the form of amino acid manganese. For bone quality, the Seedor index, bone ash, concentrations of manganese, calcium and phosphorus in the femur and bone strength were evaluated. The levels of manganese supplementation are established using linear or quadratic regression models,

according to the best fit of the data. The occurrence of injuries or bone fractures was checked during the process in the slaughter line of a commercial slaughterhouse from the moment of hanging up to the cut of the feet and no incidence of bruises or traumatic bone injuries was observed. There were no differences for performance variables, Seedor index, manganese and phosphorus concentrations, ashes and bone strength of broilers. The calcium concentration in the femur showed a significant difference ($P < 0.05$), with an estimated manganese requirement for broilers of 73.13 mg of manganese / kg for a higher concentration of calcium in the femur. In fact, manganese supplementation in a diet based on corn and soybean meal is not necessary for broilers to have good performance and bone quality.

Keywords: performance, bone quality, mineral, amino acid manganese

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento genético das linhas atuais de frangos de corte exige dietas balanceadas para suprir as exigências fisiológicas desses animais, de modo que eles possam demonstrar todo seu potencial genético no máximo de seu desempenho produtivo (Pacheco et al., 2019). Assim sendo, a suplementação mineral nas dietas para os frangos de corte vem sendo amplamente utilizada, contudo, em muitos casos há uma superestimação dos níveis suplementares utilizados, pois as concentrações desses elementos nas dietas a base de milho e farelo de soja são suficientes para suprir as exigências metabólicas dos minerais no organismo dessas aves (Yang et al., 2011).

Dentre os minerais que são suplementados nas dietas dos frangos de corte, pode-se citar o manganês (Mn) que é um microelemento presente em vários processos metabólicos, como a formação óssea e ativador de complexos enzimáticos (Olgun, 2017). O manganês 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 manganês (Gheisari et al., 2011; Olgun, 2017).

Os minerais quelatados são complexados a uma molécula orgânica e circulam no organismo do animal não como íons inorgânicos, reduzindo assim a solubilidade e perdas por excreção (Vieira et al., 2011). Desde modo, o manganês quelatado usa as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, aumentando sua característica absorptiva, comparada à fonte inorgânica, permitindo assim, uma suplementação entre 50 a 75% menor na dieta (Kiefer, 2005). Essa característica de melhor biodisponibilidade dos minerais quelatados é considerada como um dos fatores que incentiva a utilização desses complexos na suplementação animal, em substituição às fontes inorgânicas dos minerais, diminuindo as quantidades suplementadas nas dietas.

A utilização do manganês na sua fonte quelatada como justificativa de uma melhor absorção desse mineral pelo intestino dos frangos de corte, e conseqüentemente, uma melhora no desempenho e qualidade óssea desses animais é questionável. Pesquisas avaliando as influências da suplementação de manganês sobre o desempenho e qualidades ósseas em frangos de corte demonstraram que dietas a base de milho e farelo de soja, sem suplementação mineral, são suficientes para suprir as exigências de manganês nos frangos de corte, de modo que eles não apresentem problemas no desempenho e na mineralização óssea (Lu et al., 2016; Sunder et al., 2016). Baldo (2018) relata que a necessidade de uma boa mineralização óssea dos frangos de corte é fundamental para que essas aves suportem todo o manejo de abate, que exige ossos com uma conformação favorável para dar suporte no momento da apanha, transporte até o abatedouro e os nos procedimentos na linha de abate.

Objetivou-se avaliar a utilização da suplementação de manganês quelatado na dieta para frangos de corte, sobre o desempenho e a qualidade óssea.

MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais descritos nessa pesquisa foram aprovados pela comissão de ética no uso de animais (CEUA) sob o protocolo nº 214/2019.

Procedimentos gerais

Foi conduzido um experimento, utilizando 720 frangos de corte machos, da linhagem Cobb[®], alojando 30 aves por boxe experimental (12 aves/m²), com alojamento 48 horas após o nascimento. Durante os primeiros 14 dias de idade, as aves receberam 24 horas de luz

artificial (por meio da lâmpada de 250 W de 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 utilizados quatro tratamentos e 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 manganês.

TABELA 1. Composição da dieta basal do experimento

Ingredientes	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.

Produto utilizado para suplementação de manganês: 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.

Os tratamentos foram definidos com base em níveis suplementares de manganês recomendados pela literatura (Saldanha, 2019), através da dieta basal suplementadas com 0 (grupo controle), 35, 70 e 105 mg de manganês/kg na forma de manganês aminoacídico quelatado, fonte quelatada do mineral, a qual continha 160,4 g de manganês/kg em sua composição analisada. As concentrações de manganês analisados nas rações, de acordo com o nível de suplementação e a fase de criação das aves encontram-se na tabela abaixo (Tabela 2). A concentração de manganês encontrada através da análise do mineral quelatado, quando comparada ao valor da concentração do mesmo mineral que consta no rótulo do produto, 160g/kg, justifica os valores razoáveis de manganês analisado em cada ração (inicial e crescimento) que foram encontrados nesse trabalho (Tabela 2).

TABELA 2. Concentração de manganês analisado nas rações experimentais testadas

Fonte de Mn	Mn adicionado	Mn analisado (mg/kg)	Mn analisado (mg/kg)
	(mg/kg)	Ração inicial	Ração crescimento
Controle	0	12,75	13,84
Mn aminoacídico	35	42,77	43,04
	70	81,88	75,16
	105	100,00	106,71

Variáveis analisadas

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

Aos 35 dias de idade, 96 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 pegas 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. Os ossos da tíbia foram medidos em seu maior comprimento (mm) com um paquímetro digital, e pesados (mg) em uma balança semianalítica digital.

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.

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. As análises estatísticas das variáveis estudadas foram realizadas utilizando-se o programa computacional software R (2019), sendo os níveis de suplementação de manganês 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 $P < 0,05$.

RESULTADOS

Desempenho das aves

Os níveis de manganês suplementados na dieta na forma de manganês 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 3).

TABELA 3. 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 ($P < 0,05$).

Análises ósseas

As aves foram observadas na linha de abate no abatedouro a partir da pendura nas nórias até o momento do corte dos pés, e não foi observada nenhuma incidência de contusão ou lesão traumática nos ossos.

Houve efeito do nível dietético de manganês para a concentração de cálcio no fêmur ($P \leq 0,05$), onde o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, com estimativa de exigência de 73,13 mg de manganês/kg (Tabelas 4 e 5; Figura 1) para maior concentração de cálcio nos ossos. Para as outras variáveis analisadas não houve diferenças ($P > 0,05$) entre os níveis de manganês suplementados nas dietas dos frangos de corte (Tabela 4).

TABELA 4. 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

*MnF: concentração de manganês no fêmur, CaF: concentração de cálcio no fêmur, PF: concentração de fósforo no fêmur.

¹Com base na matéria seca desengordurada.

TABELA 5. 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

¹Modelo 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.

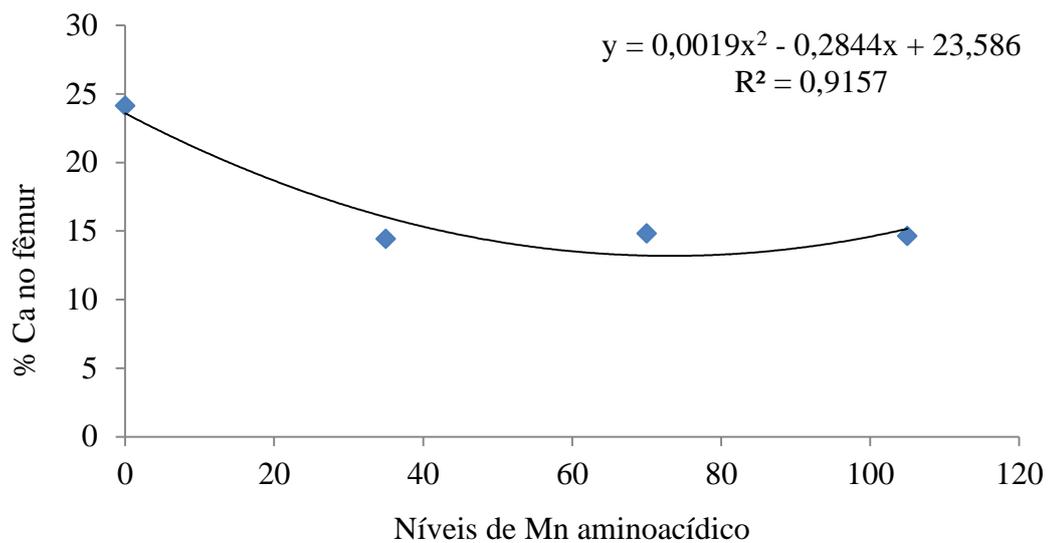


FIGURA 2. Gráfico da regressão polinomial quadrática da variável significativa ($P < 0,05$)

DISCUSSÃO

Os níveis de manganês suplementados não afetaram o desempenho dos frangos de corte. Constatando que para obter um bom desempenho produtivo dessas aves, uma dieta a base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de manganês/kg, é suficiente para suprir as exigências desse mineral no organismo dos frangos de corte. Esse resultado pode ser ratificado quando se compara as médias de peso médio da linhagem estudada com as aves desse experimento. 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, sugerindo a eficácia da concentração de manganês na dieta basal em manter o desempenho adequado das aves de um a 35 dias de idade.

Esses resultados estão de acordo com Bao et al. (2007) que não observaram diferença nos parâmetros de desempenho quando testaram três níveis de suplementação (20, 40 e 80 mg/kg) de uma fonte quelatada de cobre, ferro, manganês e zinco, em relação a dieta basal de milho e farelo de soja, sem suplementação mineral. Da mesma forma, Vargas (2019), Saldanha (2019) e Mwangi et al. (2019) não observaram diferenças sobre o desempenho dos frangos de corte, quando comparadas as aves que receberam uma ração basal (sem adição de manganês), com as demais que consumiram a ração suplementada com o mineral na forma quelatada.

As avaliações dos parâmetros ósseos são mais sensíveis às alterações de manganês na dieta para frangos de corte (Berta et al., 2004). Dentre as análises feitas para avaliar as ações dos níveis suplementares de manganês está a concentração de cálcio nos ossos. A justificativa para que se faça tal análise provém da dificuldade de absorção do manganês pelo intestino das aves já que o mesmo, em algumas situações como em excesso ou dependendo de sua forma, pode formar complexos com fitatos e fibras, além de competir por sítios de absorção com outros minerais como cálcio e o fósforo (Macari et al., 2002).

No presente estudo a concentração de cálcio no fêmur foi o único parâmetro ósseo que apresentou influência dos níveis dietéticos de manganês obtendo-se o maior nível de cálcio com a suplementação do nível ótimo estimado em 73,13 mg de manganês/kg na dieta. Kiefer (2005) associa a baixa absorção de cálcio pelo lúmen intestinal das aves a um excesso de manganês 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. Schoulten et al. (2002) também observaram esse antagonismo entre os minerais, quando avaliaram níveis crescentes de suplementação de cálcio em dietas contendo baixo teor de fósforo total e fitase para frangos de corte, e relataram redução linear da absorção de manganês em função da elevada suplementação de cálcio, o que os pesquisadores explicaram como sendo efeito da alta concentração de cálcio e do conteúdo de fitato na digesta, impossibilitando uma eficiente absorção do manganês.

Em contrapartida, Brooks et al. (2012), testando a biodisponibilidade do manganês através de uma fonte inorgânica ($MnSO_4$) e outra quelatada (propionato de manganês) em uma dieta basal de milho e farelo de soja com altos níveis de cálcio e fósforo, não observaram diferença em nenhum parâmetro ósseo analisado para a fonte quelatada do mineral. Os autores concluíram que apesar das altas concentrações de cálcio e fósforo na dieta houve eficiente absorção do manganês na fonte quelatada, demonstrando a melhor biodisponibilidade dessa fonte mineral.

O índice de Seedor, cinzas ósseas, concentrações de manganês e fósforo no fêmur e resistência óssea não apresentaram diferença ($P > 0,05$) quando comparados os níveis de suplementação do manganês quelatado na dieta para os frangos de corte. Esses resultados ratificam os encontrados por Mwangi et al. (2019), que estudando a biodisponibilidade de uma fonte quelatada de manganês na dieta para frangos de corte, observaram que as aves alimentadas com a dieta basal contendo 17 mg de manganês/kg não apresentaram problemas

no desempenho produtivo e na qualidade óssea quando comparadas as que receberam a dieta suplementada com 60 mg de manganês/kg.

As observações feitas desde o momento da apanha, transporte das aves para o abatedouro e o acompanhamento das mesmas na linha de abate, não demonstrou nenhum tipo de contusão ou fratura óssea desses animais, sugerindo que a suplementação de manganês na sua fonte quelatada não trouxe benefícios sobre a resistência óssea das aves, quando comparados os animais que receberam a suplementação dietética e os que não receberam. Tais observações demonstram que apesar do manejo de abate dos frangos de corte exigir uma resistência óssea desses animais, o manganês fornecido pelos ingredientes na dieta basal, em torno de 13,3 mg/kg, foi suficiente para que as aves tivessem uma mineralização óssea favorável, que forneceu a resistência necessária para que pudessem suportar os manejos da apanha, transporte até o abatedouro e os procedimentos na linha de abate. Baldo (2018) explica que uma boa mineralização óssea é essencial para que as aves suportem todo o processo de abate, especialmente os realizados dentro do abatedouro, quando todo seu peso corporal é sustentado apenas pelos ossos das pernas, pois essas aves são dependuradas nas nórias, evitando contusões ou fraturas ósseas que condenarão as carcaças.

Os resultados deste trabalho reforça a hipótese de que a suplementação de manganês para frangos de corte é superestimada, onde a concentração do mineral presente na dieta basal é suficiente para proporcionar a essas aves ótimos resultados desempenho e qualidade óssea sem prejuízos durante todo o processo produtivo.

CONCLUSÃO

A suplementação de manganês na forma quelatada em dietas à base de milho e farelo de soja, contendo em média 13,3 mg de manganês/kg, não se faz necessária, a fim de otimizar o desempenho e a resistência óssea em frangos de corte.

REFERÊNCIAS

AOAC International. Official Methods of Analysis of the AOAC International. 18th ed., 3rd ver. Gaithersburg, MD. 2010.

BALDO, G.A.A. 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, 2018.

BAO, Y.M.; CHOCT, M.; IJI, P.A.; BRUERTON, K. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *Poultry Science Association*, Inc. 2007.

BERTA, E., E. ANDRÁSOF SZKY, A. BERSÉNYI, R. GLÁVITS, A. GÁSPÁRDY, AND S.G. FEKETE. Effect of inorganic and organic manganese supplementation on the performance and tissue manganese content of broiler chicks. *Acta Vet. Hung.* 52:199-209, 2004.

BROOKS, M.A.; GRIMES, J.L.; LLOYD, K.E.; VALDEZ, F.; SPEARS, J.W. Relative bioavailability in chicks of manganese from manganese propionate. *Journal of Applied Poultry Research*, v.21, p.126-130, 2012.

COBB 500. Suplemento de crescimento e nutrição para frangos de corte. Cobb-Vantress Inc., Siloam Springs, Arkansas, USA, 2018.

GHEISARI, A.A.; SANEI, A.; SAMIE, A.; GHEISARI, M.M.; TOGHYANI, M. 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. *Biol Trace Elem Res*, 142:557-571, 2011.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, p.206 -220, 2005.

LU, L.; CHANG, B.; LIAO, X.; WANG, R.; ZHANG, L.; LUO, X. Use of molecular biomarkers to estimate manganese requirements for broiler chickens from 22 to 42 d of age. *British Journal of Nutrition*, v.116, p.1512-1518, 2016.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002.

MWANGI, S.; TIMMONS, J.; AO, T.; PAUL, M.; MACALINTAL, L.; PESCATORE, A.; CANTOR, A.; DAWSON, K.A. Effect of manganese preconditioning and replacing inorganic manganese with organic manganese on performance of male broiler chicks. *Poultry Science* 0:1-9, 2019.

OLGUN, O. Manganese in poultry nutrition and its effect on performance and eggshell quality. *World's Poultry Science Journal*, v.73, p.45-56, 2017.

PACHECO, B.H.C.; FILHO, D.E.F.; NASCIMENTO, K.M.R.S.; CANIATTO, A.R.M., NATORI, M.M.; FARIA, D.E. 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. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2019.

SALDANHA, M.M. Exigência e biodisponibilidade de manganês para frangos de corte. Tese de doutorado em nutrição de não ruminantes, Escola de Veterinária, UFMG, 2019.

SCHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; BERTERCHINI, A.G.; FREITAS, R.T.F. de; CONTE, A.J.; SILVA, H.O. Efeito dos níveis de cálcio sobre a absorção de minerais em dietas iniciais para frangos de corte suplementadas com fitase. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. v-26, n.6, p.1313-1321, nov./dez. 2002.

SEEDOR, J.G. The biophosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to ovariectomy in rats. *J. Bone Miner. Res.*, v.4, p.265-270, 1993.

SILVA, D.J., and A.C. QUEIROZ. Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos). 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002.

SUNDER, G.S.; PANDA, A.K.; GOPINATH, N.C.S.; RAJU, M.V.L.N.; RAMA RAO, S.V.; KUMAR, C.V. Effect of supplemental manganese on mineral uptake by tissues and immune response in broiler chickens. *The Journal of Poultry Science*, 43 : 371-377, 2006.

VARGAS, L.F. Efeito da adição de diferentes nutrientes na dieta sobre a qualidade das carcaças e prevenção de peito madeira e estrias brancas em frangos de corte. Dissertação (Mestrado) – Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

VIEIRA, R.A.; HANNAS, M.I.; ALBINO, L.F.; TAVERNARI, F.C. Utilização de minerais quelatados e de selênio levedura na alimentação de frangos de corte. *Revista Agrominas*, outubro, 2011.

YANG, X.J.; SUN, X.X.; LI, C. Y.; ET AL. Effects of copper, iron, zinc, and manganese supplementation in a corn and soybean meal diet on the growth performance, meat quality, and immune responses of broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, v.20, p.263–271, 2011.

CAPÍTULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O manganês desempenha um papel importante no metabolismo dos frangos de corte. No entanto, a partir dos resultados dessa pesquisa, foi possível observar que a suplementação de manganês na dieta para frangos de corte não altera o desempenho dessas aves no período de criação de um até 35 dias de idade, quando utilizado uma ração a base de milho e farelo de soja.

A suplementação de manganês alterou as concentrações desse mineral no fêmur, quando utilizado uma fonte inorgânica na dieta. Para obter maior concentração desse micromineral no fêmur dos frangos de corte é necessário uma suplementação de 57,36 mg de manganês/kg de ração.

Outro parâmetro alterado pelos níveis de manganês suplementar dietéticos foi à concentração de cálcio no fêmur dos frangos de corte. Na fonte inorgânica do mineral o valor ótimo estimado para maior deposição de cálcio de 81,03 mg de manganês/kg de ração. Em contrapartida, na fonte quelatada do mineral o valor estimado foi de 73,13 mg de manganês/kg de ração.

Contudo, uma dieta a base de milho e farelo de soja contendo uma concentração de manganês em torno de 13,3 mg/kg demonstrou-se satisfatória para que as aves tivessem um aporte ósseo em todo o período de criação, no manejo da apanha, transporte até o abatedouro e no processo na linha de abate, não demonstrando nenhuma lesão ou fratura óssea, comprometendo a carcaça. Assim sendo, na prática não há a necessidade de suplementação de manganês para frangos de corte no período de um a 35 dias de criação.