

RODOLFO ALVES VIEIRA

ORGANOMINERAIS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015**

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

V657o
2015 Vieira, Rodolfo Alves, 1986-
 Organominerais na alimentação de frango de corte /
Rodolfo Alves Vieira. – Viçosa, MG, 2015.
 xii, 52f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Frango - Alimentação e rações. 2. Minerais na nutrição animal. 3. Desempenho. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.08527

RODOLFO ALVES VIEIRA

ORGANOMINERAIS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGO DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2015

Prof. Horácio Santiago Rostagno
(Coorientador)

Prof. Melissa Izabel Hannas
(Coorientadora)

Dr. Fernando de Castro Tavernari

Prof. Marcelo Dias da Silva

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino
(Orientador)

Dedico,

À minha mãe, pelo amor, dedicação e incentivo.

Ao meu saudoso pai, pelos momentos vividos

À minha irmã, pela ajuda e pelo carinho.

Aos meus amigos, pela convivência.

" Tu escolhes, recolhes, eleges, atrais, buscas, expulsas, modificas tudo aquilo que te rodeia a existência.
Teus pensamentos e vontades são a chave de teus atos e atitudes...
São as fontes de atração e repulsão na tua jornada vivência."

Chico Xavier

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê”

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade de aprendizado.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia pela realização do curso.

Ao CNPq e a CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Luiz Fernando Teixeira Albino, pela valiosa orientação, pelos ensinamentos, pela confiança e pela amizade.

A professora Melissa Izabel Hannas, pela confiança, pelos conselhos, pela amizade, por toda orientação em todos momentos e por me ajudar a ir para o exterior.

Ao professor Horácio Santiago Rostagno, pelo aprendizado e orientação.

A North Carolina State University, por me aceitar e possibilitar a minha experiência no exterior.

Ao professor Peter Ferket, por me aceitar na NCSU e por toda a orientação nos EUA.

Ao professor Ramon Malheiros, pela amizade e por toda ajuda durante meu período nos EUA.

Ao Fernando de Castro Tavernari, por fazer parte da banca, pelos trabalhos em conjunto e pelo aprendizado na época que eu era seu estagiário.

Ao Marcelo Dias da Silva, por aceitar fazer parte da banca e contribuir com o trabalho.

A empresa Alltech do Brasil, pelo apoio dado em todos os momentos e pelo financiamento da pesquisa.

Aos meus amigos de graduação e pós-graduação: Valdir, Macaé, Jorge, Diego, Bruno, Cleverson, Rosana, Victor, Sandra, Amanda, Ana Paula, Ariolino, Bruna, Cinthia, Damaceno, Dandara, Elcer, Gabriel, Hélio, Knop, Leandro, Luana, Maurílio, Matheus, Otávio, Tavernari, Thony, e Wagner pela convivência, amizade, aprendizado e contribuições.

Aos amigos da NCSU: Amanda, Caroline, Carolina, Christiane, Daniela, Dircélio, Jayme, Jéssica, Juliana, Kristie, Liliane, Osvaldo, Petra, Rafaela, Thays, Victor e Wilmer, pela amizade e momentos vividos.

Aos meus grandes amigos: Vinícius José, Marina, Iolanda, Thales, Nash, Isabela e Sabrina, por toda amizade, companheirismo e apoio.

Aos funcionários do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFV, em especial Adriano, Elísio, Joselino e ao Zootecnista Mauro Godoi pela atenção e ajuda atribuída.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial, Fernanda e Mariana, pela paciência e por muito ter me ajudado.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

RODOLFO ALVES VIEIRA, filho de Maria Cristina Alves Vieira e Edson Vilela Vieira, nasceu em Minduri – MG, em 2 de maio de 1986.

Em 2005, ingressou no curso de Zootecnia, da Universidade Federal de Viçosa, colando grau em 24 de julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Produção e Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa – MG. submetendo-se a defesa de dissertação em 21 de fevereiro de 2011.

Em fevereiro de 2011, submeteu-se a defesa de dissertação obtendo o título de “*Magister Scientiae*”.

Em março de 2011, iniciou o Curso de Doutorado em Zootecnia, na área de Produção e Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa – MG.

Em setembro de 2013 fez período sanduiche na North Carolina State University retornando em Agosto de 2014.

Em fevereiro de 2015, submeteu-se à defesa de tese para a obtenção do título de “*Doctor Scientiae*”.

SUMÁRIO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
ARTIGO 1 -	
Uso de organominerais em baixas concentrações em substituição aos microminerais inorgânicos para frangos de corte	2
RESUMO.....	3
INTRODUÇÃO.....	4
MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
CONCLUSÃO.....	14
REFERÊNCIAS	15
TABELAS	
Tabela 1 - Tratamentos experimentais.....	19
Tabela 2 – Composição das dietas experimentais.....	20
Tabela 3 – Efeito da suplementação mineral sobre as características de desempenho de frangos de 1 a 21 dias de idade.....	21
Tabela 4 – Efeito da suplementação mineral sobre as características de desempenho de frangos de 1 a 49 dias de idade.....	22
Tabela 5 – Efeito da suplementação mineral sobre a concentração tecidual de Zn, Mn, Cu e Se no fígado, Se no Peito e Zn, Mn e Cu na Tíbia de frangos aos 21 dias de vida.....	23
Tabela 6 – Efeito da suplementação mineral sobre a concentração tecidual de Zn, Cu, Se e Mn no fígado, Se no Peito e Cu Mn e Zn na Tíbia em frangos de 49 dias de vida.....	24
Tabela 7 - Efeito da suplementação de micromineral quelatado e inorgânico sobre a umidade e concentração de Zn, Cu, e Mn na cama de frangos aos 21 dias de vida.....	25
Tabela 8 – Efeito da suplementação de micromineral quelatado e inorgânico sobre a umidade e concentração de Zn, Cu, e Mn na cama de frangos aos 49 dias de vida.....	26
ARTIGO 2 -	
Suplementação de organominerais em reduzidos níveis em substituição aos micromineral inorgânico para frango de corte de 21 a 42 dias de vida	28
RESUMO.....	29

INTRODUÇÃO.....	29
MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41
TABELAS	
Tabela 1 – Composição das dietas experimentais.....	45
Tabela 2 – Tratamentos experimentais.....	46
Tabela 3 – Efeito da suplementação de microminerais sobre as características de desempenho de frangos aos 35 e 42 dias de idade.....	47
Tabela 4 – Efeito da suplementação de microminerais sobre a concentração de microminerais nos tecidos do peito e fígado de frangos aos 35 e 42 dias de vida.....	48
Tabela 5 – Efeito da suplementação microminerais sobre a concentração tecidual de Cu, Mn, Zn, Ca e P na tíbia de frangos aos 35 e 42 dias de vida.....	49
Tabela 6 – Efeito da suplementação de microminerais sobre a concentração de Cu, Mn, Zn e Fe na cama de frangos aos 35 e 42 dias de vida.....	50
Tabela 7 – Efeito da suplementação de microminerais sobre a perda de líquido por descongelamento e cocção, a força de cisalhamento e TBARS no peito de frangos aos 35 e 42 dias de vida.....	51
CONCLUSÕES GERAIS.....	52

RESUMO

VIEIRA, Rodolfo Alves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Organominerais na alimentação de frangos de corte.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Coorientadores: Melissa Izabel Hannas e Horacio Santiago Rostagno.

Dois experimentos foram realizados no setor de avicultura da Universidade Federal de Viçosa no sentido de avaliar a suplementação de microminerais quelatados e selênio levedura em reduzidos níveis em dietas para frangos de corte e comparar seus efeitos entre os diferentes níveis suplementados com a suplementação de microminerais inorgânicos a níveis industriais. No primeiro experimento foram avaliados a suplementação dos microminerais nos períodos de 1 a 21 dias e de 1 a 49 dias, sendo utilizado um total de 2000 frangos de corte machos da linhagem comercial Cobb 500, distribuídos em um delineamento experimental em blocos casualizados com 8 tratamentos, 10 repetições e 25 animais por unidade experimental. Os tratamentos constituíram de uma dieta sem suplementação de microminerais, uma dieta com suplementação de microminerais inorgânicos a nível industrial (100%) e seis dietas com microminerais quelatados (Zn, Mn, Fe, Cu) e Se levedura suplementados em percentuais médios de 11, 22, 33, 44, 55 e 66% da concentração dos microminerais suplementados na forma inorgânica a níveis industriais. O nível de 11% de suplementação na forma quelatada e de Se levedura garantiram o mesmo desempenho dos animais suplementados com minerais inorgânicos em níveis industriais (100%), entretanto, ao analisar a deposição tecidual, o nível de 33% da suplementação na forma de minerais quelatados e Se levedura foi o mais recomendado para garantir a manutenção do desempenho e a concentração de microminerais nos tecidos, apresentando a vantagem de reduzir a perda de microminerais na cama. No segundo experimento foram avaliados a suplementação de microminerais nos períodos de 21 a 35 dias e 21 a 42 dias de vida. Para isso foram

utilizados 1760 frangos de corte machos da linhagem cobb 500, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos, 10 repetições e 22 animais por unidade experimental. Durante o período de 1 a 21 dias de vida, os animais foram suplementados com minerais quelatados e selênio levedura com o nível de 33% , determinado no experimento anterior, com exceção dos animais destinados ao tratamento com suplementação de minerais inorgânicos de 1 a 42 dias. Os 8 tratamentos foram: uma dieta suplementada com microminerais inorgânicos a nível industrial de 1 a 42 dias, uma dieta suplementada com microminerais inorgânicos a nível industrial porém apenas dos 21 a 42 dias, uma dieta sem suplementação de microminerais a partir dos 21 dias e 5 dietas com organominerais (Zn, Mn, Fe, Cu e Se), que suplementaram os animais em percentuais médios de 11, 22, 33, 45 e 56% da suplementação a nível industrial, porém na forma de organominerais. Assim como o primeiro experimento, o nível de 11% do nível industrial de microminerais na forma de organominerais garantiu o mesmo desempenho e qualidade de carne dos animais, entretanto, o nível de 22% foi o que proporcionou resultados de deposição tecidual igual a superior aos tratamentos suplementados com microminerais inorgânicos, sendo o mais recomendado. O nível de 33% do nível industrial de suplementação de microminerais na forma de organominerais no período de 1 a 21 dias e de 22% do nível industrial na forma de organominerais são suficientes para manter o desempenho, a deposição de minerais, Cu, Fe, Zn e Se nos tecidos e a qualidade de carne, com a vantagem de diminuir a excreção no ambiente.

ABSTRACT

VIEIRA, Rodolfo Alves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February 2015. **Organic trace mineral in poultry diets**. Adviser: Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino. Co-advisere: Melissa Izabel Hannas, and Horacio Santiago Rostagno.

Two trial were performed at poultry farm sector of Viçosa Federal University to assess the chelated trace mineral, and selenium yeast supplementation at low levels in diets for broilers, and compare their effects between the different supplementation levels of inorganic trace minerals supplemented industrial levels. Two experiments were performed at the Federal University of Viçosa poultry sector to assess the chelated trace mineral supplementation and selenium yeast at low levels in diets for broilers, and compare its effects between different levels of supplementation with the inorganic trace mineral supplemented as industrial levels. At the first experiment were evaluated trace minerals supplementation at 1 to 21 days and 1-49 days, and used a total of 2,000 male broilers of commercial line Cobb 500, distributed in a randomized complete block design with 8 treatments, 10 repetitions, and 25 animais each. The treatments consisted of a diet without trace mineral supplementation, a diet supplemented with inorganic trace minerals as industrial level (100%), and six diets with chelated trace minerals (Zn, Mn, Fe, Cu) and Se yeast supplemented in average percentage of 11, 22, 33, 44, 55 and 66% of trace minerals concentration, supplemented in inorganic form as industrial levels. The level of 11% supplementation in chelated form and Se yeast get the same performance of animals supplemented with inorganic minerals as industrial levels (100%). However, after tissue deposition analyze, the 33% level of supplementation in the form of chelated minerals and Se yeast was the most suitable for ensuring the maintenance performance and the concentration of trace minerals in tissues, with the advantage of decrease trace mineral lost as excretions in the litter. The second experiment evaluated the microminerias

supplementation at periods of 21-35 days, and 21-42 days. 1760 male broilers (cobb 500) were distributed in a completely randomized design with 8 treatments, 10 replicates of 22 animals each. During the period from 1 to 21 days, the animals were supplemented with chelated minerals and selenium yeast in the level of 33%, determined in the previous experiment, with the exception of animals for treatment with supplementation of inorganic mineral 1 to 42 days. The 8 treatments were: a diet supplemented with inorganic micromineirais as industrial level from 1 to 42dias, a diet supplemented with inorganic trace minerals as industrial level from 21 to 42 days, a diet with no trace mineral supplementation from 21 to 42 days, and 5 diets with organic minerals (Zn, Mn, Fe, Cu and Se) supplemented as average percentage of 11, 22, 33, 45 and 56% of industrial level supplementation, but in the organic mineral form. Like the first experiment, the level of 11% of industrial level, but in organic mineral form secured same performance, and quality of meat of animals. However, the level of 22% provided tissue deposition results equal to the upper when compared with inorganic trace minerals supplementation, therefore it was the most recommended. The level of 33% of industrial supplementation, but in organic form from 1 to 21 days, and the level of 22% of industrial supplementation, but in organic form are sufficient to maintain the performance, the mineral deposition in tissues, the meat quality, with the advantage of reducing the mineral excretion into the environment.

INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira se encontra em constante crescimento, com uma produtividade que a coloca entre as mais competitivas do mundo. Dados preliminares demonstram uma produtividade em 2014 de 13100 milhões de toneladas (USDA 2015). Com essa produção o Brasil lidera o ranking das exportações e é qualificado como o terceiro maior produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e China. Esse contínuo progresso é produto do desenvolvimento científico e tecnológico nas diferentes áreas da avicultura. Entre elas, a nutrição merece um destaque especial por representar aproximadamente 70% do custo total de produção, de forma que a busca por novas alternativas nutricionais deverá ser sempre necessária.

Os microminerais Cu, Mn, Zn, Fe e Se são considerados essenciais e mesmo sendo necessários em pequenas quantidades, estão envolvidos na maioria dos processos metabólicos do animal, como formação óssea, homeostase, reprodução, sistema imune, atividade enzimática, etc. Esses microminerais são tradicionalmente incluídos nas dietas das aves em elevados níveis, na forma de sais inorgânicos como sulfatos, cloretos, carbonatos e óxidos. A suplementação nessa forma pode favorecer a complexação desses microminerais com outros minerais ou compostos nutricionais, bem como aumentar os níveis excretados dos mesmos.

Nesse sentido, os organominerais, íons metálicos ligados a uma molécula orgânica que lhe confere melhor absorção, vem sendo estudados para amenizar o problema de complexação e propiciar melhor metabolismo, desempenho, qualidade de carne e qualidade óssea aos animais. Tudo isso em menores níveis de suplementação, com conseqüente menor excreção e poluição do meio ambiente.

Artigo 1 – Formatação de acordo com as normas da revista Poultry Science.

**Uso de organominerais em baixas concentrações em substituição aos
microminerais inorgânicos para frangos de corte.**

R. A. Vieira*¹, L. F. T. Albino*, M. I. Hannas*, H. S. Rostagno*, D. L. Silva*

*Animal Science Department, Viçosa Federal University, Brazil.

¹Correspondência do autor: rodolfo.vieira@ufv.br

Secção específica: minerals and vitamins.

RESUMO: Objetivou-se avaliar a utilização de programas nutricionais com diferentes níveis de minerais quelatados e Se levedura na ração sobre o desempenho de frangos de corte, nos períodos de 01 a 21 e de 01 a 49 dias de idade, a concentração de microminerais nos tecidos das aves e na cama. Para isso foram utilizados 2000 pintos de corte machos da linhagem COBB 500 distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com 8 tratamentos, 10 repetições com 25 aves por unidade experimental. Os tratamentos constituíram de uma dieta sem suplementação de microminerais, uma dieta com suplementação de microminerais inorgânicos a nível usado na indústria (90ppm de Zn; 90 ppm de Mn; 60 ppm de Fe; 10ppm de Cu; 0,4ppm de Se) e 6 dietas com microminerais quelatados (Zn, Mn, Fe, Cu) e Se levedura, em percentuais médios de 11, 22, 33, 44, 56 e 67% da concentração dos microminerais usado na indústria. A suplementação de minerais quelatados e selênio levedura em 33% (26,40ppm de Zn; 33,00 ppm de Mn; 19,80 ppm de Fe; 3,98 ppm de Cu; 0,12ppm de Se) dos níveis utilizados na indústria garantem a manutenção do desempenho e do índice de eficiência produtiva, a concentração de microminerais nos tecidos dos frangos e proporciona menor excreção de microminerais ao meio ambiente.

Key words: microminerais orgânicos, excreção mineral, deposição de minerais nos tecidos, desempenho.

INTRODUÇÃO

Minerais, tais como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e selênio (Se) são essenciais para o crescimento de frangos e estão envolvidos em vários processos fisiológicos. Participam em quase todas as vias metabólicas do organismo animal, tendo funções fisiológicas essenciais à manutenção da vida como, na reprodução, no crescimento, no sistema imunológico, formação óssea e no metabolismo energético (Dieck et al., 2003; Dibner et al., 2007; Bao et al., 2007).

Com a intensificação da produção agrícola, muitos alimentos usados como ingredientes na formulação de ração, apresentaram uma diminuição da concentração de minerais (Graham et al., 1999; Garvin et al., 2006). Somado a isso, valores fornecidos pela National Research Council (NRC, 1994) para exigências de microminerais para aves foram determinados há décadas atrás ou foram simplesmente estimados. As exigências de microminerais para frangos de corte se referem aos mesmos níveis recomendados pelo NRC no início de 1990 sendo algumas baseadas em dados de 1950 (Bao et al., 2007), com isso, nutricionistas freqüentemente utilizam níveis mais elevados de minerais, grande parte das vezes baseado em seu próprio conhecimento prático (Leeson, 2008).

Na prática, o aumento da margem de segurança na suplementação de microminerais resulta em alto nível de excreção mineral. Obviamente, isso não é apenas desperdício, mas também impacto ao meio ambiente. Além disso, a possibilidade de complexação dos macrominerais com os microminerais no lumen intestinal aumenta em função de maiores concentrações de minerais fornecidas aos animais (Peters e Mahan, 2008). A preocupação com o acúmulo de minerais no ambiente, especialmente Zn e Cu, leva ao questionamento sobre as práticas de alimentação atual, no sentido de como reduzir os níveis de suplementação mineral nas dietas sem comprometer a nutrição dos animais e a qualidade nutricional dos produtos gerados.

O uso de minerais quelatados (MQ) e de selênio levedura (SeL) tem sido sugerido como uma solução para este problema, com base na hipótese de que o mineral complexado na forma de quelatos e SeL têm maior biodisponibilidade quando comparados as fontes inorgânicas como os sulfatos, óxidos e carbonatos (Ji et al., 2006). Isto pode ocorrer em razão dos quelatos diminuírem a complexação dos microminerais com fibras, fitato, Ca ou P durante a digestão (Brooks et al., 2012). Assim, os microminerais podem ser adicionados em concentração menor na dieta em relação aos minerais inorgânicos, sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho produtivo, reduzindo a excreção de minerais (Bao et al., 2007).

Existem diferentes formas de MQ e complexados disponíveis para o uso na nutrição animal e estas têm sido alvo de estudos. Dentre essas fontes, o proteinato vem demonstrando grandes benefícios em inúmeros experimentos (Bao et al., 2007; Nollet et al., 2007; Nollet, et al 2008; Abdalan et al., 2009).

Os minerais proteínatos geralmente contêm proteínas, peptídeos e aminoácidos e são formados pela reação de sais minerais inorgânicos solúveis com proteína vegetal hidrolisada (Nollet et al., 2007). A reação do mineral com o hidrolisado resulta na formação de complexos contendo íons metálicos quelatados. Alternativamente aos minerais quelatados, o SeL é produzido pelo processo biossintético a partir do enriquecimento de cultura de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) com Se inorgânico. A semelhança química entre o Se e o enxofre propicia a incorporação do Se ao invés do enxofre na metionina ou cisteína pela levedura durante a formação dos compostos celulares (Rutz e Murphy, 2009).

Em função do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a utilização de organominerais em reduzidos níveis na ração sobre o desempenho de frangos de corte,

no período de 1 a 21 e de 1 a 49 dias de idade, a concentração de microminerais nos tecidos das aves e na cama dos animais aos 21 e 49 dias.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Federal de Viçosa, Brasil, de acordo com o Comitê de ética e princípios de experimentação definido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação (Cobea, 1991).

As médias das temperaturas máximas e mínimas durante o período experimental foram respectivamente: 30,7 e 24,1°C (fase inicial) 28,9 e 21,9 °C (fase de crescimento) e 26,4 e 21,9°C (fase final).

Animais e dietas

2000 pintos de corte machos (peso médio 46g) da linhagem COBB 500 foram alojados em um galpão dividido em boxes de 1,0 m x 1,5 m forrados com cama reutilizada e não tratada para promover o desafio sanitário.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados em razão do posicionamento dentro do galpão com 8 tratamentos, 10 repetições de 25 aves por unidade experimental. Os tratamentos constituíram de uma dieta sem suplementação de microminerais, uma dieta com suplementação de microminerais inorgânicos a níveis utilizados na indústria, como controle positivo (CP) e 6 dietas com MQ (Zn, Mn, Fe, Cu) e SeL, que suplementaram os microminerais em diferentes níveis, em percentuais médios de 11, 22, 33, 45, 56 e 67% da concentração do CP (tabela 1).

As dietas experimentais foram a base de milho e de farelo de soja, formuladas para atender ou superar as recomendações de Rostagno et al. (2011) (Tabela 2). O CP foi obtido pela suplementação da ração com suplemento mineral inorgânico contendo em sua composição por kg da mistura: 90.000 mg de Zn (sulfato de zinco), 90.000 mg de Mn

(sulfato de manganês), 60.000 mg de Fe (sulfato ferroso), 10.000 mg de Cu (sulfato de cobre) e 400 mg de Se (selenito de sódio). Os tratamentos com MQ e SeL foram obtidos por diferentes níveis de inclusões da mistura, contendo em sua composição por kg: 40.000 mg de Zn (Bioplex Zn), 50.000 mg de Mn (Bioplex Mn), 30.000 mg de Fe (Bioplex Fe), 6.000 mg de Cu (Bioplex Cu), 180 mg de Se (SelPlex) e 2.000 mg de iodo (iodeto de potássio).

As aves foram pesadas no primeiro dia, aos 21 e aos 49 dias de idade para determinação do ganho de peso. Foram registrados os fornecimentos e as sobras de rações para posterior cálculo do consumo e da conversão alimentar nas respectivas fases.

Foram avaliados o ganho de peso (GP), consumo de ração (CR), conversão alimentar (CA), viabilidade (Viab) e índice de eficiência produtiva (IEP) ((Peso médio, kg) x (100 – Mortalidade) / (Idade de abate) x (Conversão alimentar)) x 100.

Coleta de amostras e análises

Ao final de cada fase de avaliação, 21 e 49 dias de idade, foram abatidas 2 aves de cada unidade experimental, com peso médio mais próximo da média do boxe e retiradas diferentes amostras de tecidos para posteriores análises da concentração de minerais nos tecidos e ossos.

Foram retiradas amostras de 3 cm x 3 cm x 1 cm do peito direito e o lobo esquerdo do fígado, as quais foram congeladas a -70°C e liofilizadas para posterior análise de concentração de minerais. As tíbias da perna direita também foram descarnadas, identificadas e posteriormente, foram levadas a estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas, desgorduradas em extrator Soxhlet por 8 horas e trituradas em moinhos de aço inoxidável para posterior análise de concentração de minerais.

Após cumprir estas etapas, foram pesadas e analisadas as concentrações de Zn, Cu, Mn no osso, Zn, Mn, Cu e Se no fígado e de Se no peito, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Para a determinação da umidade e concentração de minerais na cama e da excreção de minerais foram coletadas 300g de amostras de cama, no interior de todos os boxes, aos 21 e 49 dias de idade das aves, as quais foram levadas a estufa de ventilação forçada (65°C) por 72 horas. Posteriormente foram trituradas em moinho de aço inoxidável e analisadas as concentrações de zinco, cobre e manganês, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – UFV). Para os parâmetros de desempenho, da concentração de minerais nos tecidos e nas excretas, as médias foram comparadas pelo teste de SNK, considerando, $P < 0,05$.

Resultados e discussão

Desempenho

As aves submetidas ao tratamento sem suplementação mineral apresentaram mortalidade elevada: 8,8% (fase inicial) e 51,3% (fase de crescimento) tendo-se descartado os animais restantes na fase final. Sendo assim, esse tratamento não foi contrastado com os demais aos 49 dias.

No período de 01 a 21 dias de idade, aves submetidas ao tratamento sem suplementação mineral (CN) apresentaram menor GP, menor CR, pior CA e menor Viab em comparação as aves dos demais tratamentos ($P < 0,05$; tabela 3).

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para o GP, o CR, a CA e a Viab entre as aves alimentadas com rações suplementadas com os diferentes níveis de MQ e SeL (11 a 67%) em relação a suplementação com mineral inorgânico (CP).

No período de 01 a 49 dias foi encontrado diferença apenas entre as aves submetidas a 11% de MQ e SeL e 66% de MQ e SeL para o peso final e o ganho de peso ($P<0,05$), não havendo diferença entre os diferentes níveis de MQ e SeL (11 a 67%) em relação ao CP (tabela 4).

No período de 01 a 21 dias a não utilização de suplemento mineral, proporcionou, em valores absolutos, a redução de 50,54% no GP, piora de 42,08% na CA e redução de 7,20 % na Viab dos frangos de corte quando comparado com os animais consumindo ração com 11% de MQ e SeL. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Bao et al. (2007) que ao trabalharem com Zn, Cu, Mn e Fe na forma quelatada em diferentes níveis encontraram que o tratamento com o nível mais baixo de MQ apresentou ganho de peso aproximadamente 40% superior ao controle negativo. Estes resultados confirmam a importância do atendimento das exigências nutricionais dos diferentes microminerais para o desenvolvimento, a saúde e a sobrevivência das aves. O menor consumo das aves, observado no controle negativo pode ser uma proteção para sobrevivência do animal diante da deficiência mineral, como já demonstrado por MacDonald (2000).

Os resultados de desempenho das aves no período inicial e total indicam que níveis de suplementação de MQ e SeL em percentuais médios de 11% em relação ao CP foram suficientes para atender as demandas de GP, CA, viab e IEP dos frangos. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Nollet et al (2007), o qual não encontraram diferença ao compararem altos níveis de minerais Zn, Cu, Mn e Fe na forma inorgânica com níveis cerca de 4 vezes inferiores na forma quelatada. Assim como

Leeson (2008), que ao trabalhar com Zn, Cu, Mn e Fe concluiu que até 14% de minerais na forma quelatada proporciona as aves, desempenho semelhante à suplementação com minerais inorgânicos.

Concentração de minerais nos tecidos

Aos 21 dias, os níveis de minerais não influenciaram a concentração de Cu e Se no fígado e de Se no peito, já na tíbia observou-se menor concentração de Cu no tratamento sem suplementação de micromineral em relação aos demais (tabela 5).

A não suplementação de microminerais (CN) possibilitou maior concentração de Zn no fígado ($P < 0,05$) em relação aos demais tratamentos. A suplementação de 56% de MQ e SeL ocasionou maior deposição de Zn nos ossos em comparação ao CP e CN. Entretanto, não foi verificada diferenças entre os demais tratamentos com MQ e SeL e o micromineral inorgânico.

A não suplementação de microminerais (CN) proporcionou menor concentração de Mn no fígado ($P < 0,05$) em comparação aos demais tratamentos. A concentração de Mn no fígado foi superior para os frangos recebendo o CP e recebendo níveis de 66% de MQ e SeL em relação aqueles recebendo rações com 11 e 22% da recomendação na forma quelatada. Na tíbia, foi observado menor concentração ($P < 0,05$) de Mn nos frangos dos tratamentos sem suplementação. Concentrações semelhantes de Mn na tíbia foram verificadas entre os demais tratamentos.

A maior concentração de Zn no fígado dos animais sem suplementação em relação aos demais tratamentos não está de acordo com resultados apresentados por Bao et al. (2007), o qual encontrou maior concentração, não apenas do Zn mas, de todos microminerais avaliados no fígado de aves não suplementadas com microminerais (CN). Segundo Golden et al. (1988), a deficiência em Zn faz com que o animal diminua a taxa de crescimento e excreção. Essa resposta ocorre porque o animal em estágio de

crescimento acelerado apresenta alta sensibilidade a deficiência de Zn, parando imediatamente o crescimento e mantendo normal a concentração de Zn tecidual quando este se encontra deficiente. Já na tíbia a não suplementação proporcionou a menor concentração de Zn em relação aos demais tratamentos, isso demonstra uma limitação do uso desse micromineral para a função esquelética, mesmo quando em altas concentrações no fígado. O uso de suplemento com Zn quelatado em níveis mínimos de 11% daqueles fornecidos na forma inorgânica possibilitou adequada deposição do mineral nos ossos, o que sugere que a biodisponibilidade das fontes sejam diferentes conforme pesquisas realizadas (Cao et al., 2000; Wedekind et al., 1992; Ao et al., 2009; Yuan et al., 2011).

Aos 49 dias de idade os frangos recebendo rações suplementadas com mineral inorgânico (CP) ou com 11% e 22% de MQ e SeL apresentaram menores concentrações de Zn ($P < 0,05$) no fígado que aqueles submetidos ao tratamento com 45% MQ e SeL, enquanto entre os demais tratamentos não foram verificadas diferenças significativas. Na tíbia verificou-se maiores concentrações de Zn mineral no tratamento 56% MQ e SeL em relação ao CP e aos tratamentos suplementados 11, 22, 33% de microminerais na forma de MQ e SeL(tabela 6).

Os dois menores níveis percentuais de MQ e SeL (11 e 22%) ocasionaram menores concentrações de Se no fígado em relação aos demais tratamentos aos 49 dias de vida. Entretanto, valores médios percentuais de 33% de MQ e SeL proporcionaram concentrações de Se no fígado semelhante a obtida com o uso de Se inorgânico na forma de selenito de sódio adicionados na ração em concentrações elevadas. A deposição de Se no peito obtida com o uso de MI foi semelhante ($P > 0,05$) ao uso dos diferentes níveis de MQ e SeL, já o nível de 11% de MQ e SeL reduziu a concentração de Se no peito em relação ao uso de MQ e SeL em níveis maiores.

As concentrações de Mn no fígado não seguiram uma relação padrão com o nível de suplementação, sendo que as aves do tratamento com 56% de MQ e SeL apresentaram maior concentração de Mn que aquelas dos demais tratamentos com MQ e SeL, porém não diferiram do CP. Os tratamentos com 11, 22 e 44% de QM e SeL resultaram em menores concentrações desse mineral no fígado em comparação aos demais. Na Tíbia não foram encontradas diferenças entre os diferentes tratamentos.

As diferentes suplementações de microminerais não influenciaram ($P>0,05$) a concentração de Cu no fígado e na tíbia.

No fígado dos frangos aos 49 dias a concentração de Se ficou de acordo com Payne e Southern (2005), os quais verificaram que o uso de fontes enriquecidas com Se como SeL apresentam aproveitamento superior em relação ao Se inorgânico.

A concentração de Cu na tíbia está de acordo com Bao et al 2007 os quais não encontraram diferença na concentração de Cu na tíbia entre o menor nível de suplementação de microminerais quelatados e a suplementação com microminerais inorgânicos. Enquanto a concentração de Cu se limitou com o menor nível de mineral quelatado (11% MQ e SeL) aos 21 dias a concentração de Zn continuou aumentando com o aumento da suplementação de microminerais na forma quelatada. Entretanto, com a suplementação de microminerais inorgânicos em nível industrial a concentração de Zn não foi superior aos demais tratamentos, sugerindo antagonismo entre o Zn e o Cu como já demonstrado por Miles et al. (1998), Shelton e Southern (2006) e Ao et al. (2006, 2007 e 2009).

As concentrações de minerais no fígado, no peito e nos ossos indicam que o uso de MQ e SeL em percentuais médios de inclusão, inferiores aos utilizados com MI, possibilita a deposição adequada de microminerais.

Composição de microminerais na cama

Nas duas avaliações (21 e 49 dias) verificaram-se diferenças significativas ($P<0,05$) dos tratamentos sobre a concentração dos microminerais Zn, Mn e Cu na cama.

Sobre a concentração de microminerais na cama aos 21 dias, a não suplementação (CN) de microminerais e o uso de MQ e SeL em níveis de suplementação reduzidos (22 e 33%) possibilitaram menores concentrações de Cu frente ao uso de microminerais inorgânicos.

A concentração de Mn na cama aos 21 dias foi menor nos tratamentos com 11, 22 e 33% de MQ e SeL em relação ao CP ($P<0,05$), sendo estes tratamentos semelhantes a não suplementação.

Aos 21 dias observou-se maior concentração de Zn ($P<0,05$) no CP frente aos demais.

Aos 49 dias, a suplementação com CP proporcionou maiores concentrações de Mn e de Zn que todos os demais tratamentos. Quanto ao Cu, apenas o tratamento com 67% de MQ e SeL apresentou semelhança em relação a concentração de cobre na cama do tratamento com microminerais inorgânico (CP), todos os outros tratamentos apresentaram menores valores de cobre na cama.

As menores concentrações de Cu, Zn e Mn foram observadas nos tratamentos com 11 e 22% ($P<0,05$). Entre os demais tratamentos foram verificadas diferenças significativas sobre a concentração de microminerais na cama que diminuíram conforme foi reduzida a inclusão dos MQ e SeL.

De uma forma geral, com a redução da suplementação de minerais na dieta, houve menor concentração dos mesmos. Esses resultados sugerem que altos níveis de minerais na dieta não contribuem para o desenvolvimento das aves, sendo excretados, assim como já demonstrado por Bao et al. (2007). Aos 49 dias, a redução foi de 48% para o Cu, 64% para o Mn e 50% para o Zn quando se compara o CP com o tratamento com 11%

MQ e SeL. Outros pesquisadores também encontraram reduções da concentração de microminerais na cama ao fornecer fontes quelatas em baixos níveis em relação as fontes inorgânicas. (Leeson e Caston, 2008; Lensing e van der Klis, 2006). Sabe-se que mudanças nos processos de absorção e de excreção são os principais mecanismos de controle da homeostase de minerais (King et al., 2003). Além do menor nível de suplementação, um outro motivo para a menor concentração desses microminerais na cama seria sua maior biodisponibilidade na forma de MQ. Vários autores relataram maior biodisponibilidade dos MQ em relação aos inorgânicos, Brooks et al 2012 encontraram uma biodisponibilidade para o Mn na forma quelatada de 139% em relação ao MnSO₄. Richards et al. (2010) encontraram uma biodisponibilidade para Zn na forma quelatada de até 248% em relação ao ZnSO₄ e Wang et al. (2007) encontraram biodisponibilidade para o Cu na forma quelatada de 112% em relação ao CuSO₄.

CONCLUSÃO

O uso de suplemento mineral quelatado composto por Zn, Fe, Cu, Mn e selênio levedura, em aproximadamente 33% (26,40ppm de Zn; 33,00 ppm de Mn; 19,80 ppm de Fe; 3,98ppm de Cu; 0,12ppm de Se) dos níveis industriais, garantem a manutenção do desempenho e do índice de eficiência produtiva, a concentração de microminerais em tecidos e ossos e proporciona menor excreção de microminerais poluidores ao meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

A Todos que me ajudaram de alguma forma e a empresa Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda pelo incentivo e suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- Abdallah, A. G., O. M. El-Husseiny, and K.O. Abdel-Latif. 2009. Influence of Some Dietary Organic Mineral Supplementations on Broiler Performance. *Int. J. Poult. Sci.* 8(3): 291-298.
- Ao, T., J. L. Pierce, R. Power, A. J. Pescatore, A. H. Cantor, K. A. Dawson, and M. J. Ford. 2009. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks, *Poult. Sci.* 88 :2171–2175.
- Ao, T., J. L. Pierce, A. J. Pescatore, A. H. Cantor, K. A. Dawson, M. J. Ford, and B. L. Shafer. 2007. Effects of organic zinc and phytase supplementation in a maize-soybean meal diet on the performance and tissue zinc content of broiler chicks. *Br. Poult. Sci.* 48:690–695.
- Ao, T., J. L. Pierce, R. Power, K. A. Dawson, A. J. Pescatore, A. H. Cantor, and M. J. Ford. 2006. Evaluation of Bioplex ZnR as organic zinc source for chicks. *Int. J. Poult. Sci.* 5:808–811.
- Bao, Y. M., M. choct, P. A. Iji, and K. Bruerton. 2007. Effect of Organically Complexed Copper, Iron, Manganese and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion and Accumulation in Tissues. *J. Appl. Poult. Res.* 16:448-455.
- Brooks, M. A., J. L. Grimes, K. E. Lloyd, F. Valdez, and J. W. Spears. 2012. Relative bioavailability in chicks of manganese from manganese propionate. *J. Appl. Poult. Res.* 21: 126-130.
- Cao, J., P. R. Henry, R. Guo, R. A. Holwerda, J. P. Toth, R. C. Littrell, R. D. Miles, and C. B. Ammerman. 2000. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. *J. Anim. Sci.* 78:2039-2054.

- Dibner, J. J., J. D. Richards, M. L. Kitchell, and M. A. Quiroz. 2007. Metabolic challenges and early bone development. *Poult. Sci.* 16:126-137.
- Dieck, H. T., F. Doring, H. P. Roth, and H. Daniel. 2003. Changes in rat hepatic gene expression in response to zinc deficiency as assessed by DNA arrays. *J. Nutr.* 133: 1004-1010.
- Garvin, D. F., R. M. Welch, and J. W. Finley. 2006. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *J. Sci. Food Agric.* 86:2213–2220.
- Golden, M. H. N. 1988. The diagnosis of zinc deficiency. Pages 323–333 in *Zinc in Human Biology*. C. F. Mills, ed. Springer- Verlag, London, UK.
- Graham, R., D. Senadhira, S. Beebe, C. Iglesias, and I. Monasterio. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crops Res.* 60:57–80.
- Ji, F., X. G. Luo, L. Lu, B. Liu, and S. X. Yu. 2006. Effect of manganese source on manganese absorption by the intestine of broilers. *Poult. Sci.* 85:1947–1952.
- Yuan, J., Z. Xu, C. Huang, S. Zhou, and Y. Guo. 2011. 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. Tech.* 168:72– 79.
- King, J. C., D. M. Shames, and L. R. Woodhouse. 2000. Zinc homeostasis in humans. *J. Nutr.* 130:1360S–1366S.
- Leeson, S. 2008. Trace minerals in poultry nutrition-2. Copper and zinc – the next pollution frontier. *World Poultry* (3): 14-16.

- Leeson, S., and L. Caston. 2008. Using minimal supplements of trace minerals as a method of reducing trace mineral content of poultry manure. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 142:339–347.
- Lensing, M., and J. D. Van der Klis. 2006. Evaluation of the use of Bioplex trace minerals at very low dosages in a high performance broiler flock. Poster Presented in 22^o Alltech Annual Symposium. Lexington, Ky.
- MacDonald, R. S. 2000. The role of zinc in growth and cell proliferation. *J. Nutr.* 130:1500S–1508S.
- Miles, R. D., and P. R. Henry. 2000. Relative trace mineral bioavailability. *Cienc. Anim. Bras.* 1:73–93.
- Nollet L., J. D. Van Der Klis, M. Lensing, and M. Spring. 2007. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 592-597.
- Nollet, L., G. Huyghebaert, and P. Spring. 2008. Effect of Different Levels of Dietary Organic (Bioplex) Trace Minerals on Live Performance of Broiler Chickens by Growth Phases. *J. Appl. Poult. Res.*, 17:109-115.
- NRC (National Research Council). 1994. *Nutritional Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Payne, R. L., and L. L. Southern. 2005. Comparison of Inorganic and Organic Selenium Sources for Broilers, *Poult. Scie.* 84:898–902.
- Peters, J. C., and D. C. Mahan. 2008. Effects of dietary organic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *J. Anim. Sci.* 86:2247-2260.
- Richards, J. D., P. Fisher, T. D. Wineman, C. A. Atwell, and K. J. Wedekind. 2010. Estimation of the Zn bioavailability of a Zn chelate relative to Zn sulfate based on tibia

- Zn and small intestinal metallothionein expression. Pages 2–3 in Int. Poult. Sci. Forum, Atlanta, GA. Southern Poult. Sci. Soc. (Abstr).
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3th ver. ed. Pages 255. Viçosa Federal University, Viçosa, MG.
- Rutz, F., and R. Murphy. 2009. Minerais orgânicos para aves e suínos. Pages 21-36. I Congresso Internacional sobre uso da Levedura na Alimentação Animal (in Portuguese). Campinas, SP.
- SAEG, Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, 1997. Viçosa Federal University.
- Shelton, J. L., and L. L. Southern. 2006. Effects of phytase addition with or without a trace mineral premix on growth performance, bone response variables, and tissue mineral concentration in commercial broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 15:94–102.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P. W. Waldroup. 2007. Evaluation of MINTREX® copper as a source of copper in broiler diets. *Int. J. Poult. Sci.* 6:308–313.
- Wedekind, K. J., and D. H. Baker. 1989. Zinc bioavailability in feed-grade zinc sources, *J. Anim. Sci.* 67(Suppl,2): 126.
- Wedekind, K. J., A. E. Hortin, and D. H. Baker. 1992. Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxide. *J. Anim. Sci.* 70: 178-187.
- Yuan, J., Z. Xu, C. Huang, S. Zhou, and Y. Guo. 2011. Effect of dietary Mintrex-570Zn/Mn on performance, gene expression of Zn transfer proteins, activities of Zn/Mn571related enzymes and fecal mineral excretion in broiler chickens. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 168: 72-79.

TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos experimentais.

Tratamentos ³	Kg/t ração	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Se (ppm)
CN	0	0	0	0	0	0
CP ¹	1,00	90,00	90,00	60,00	10,00	0,40
MQ e SeL ² (11%)	0,22	8,80	11,00	6,60	1,32	0,04
MQ e SeL ² (22%)	0,44	17,60	22,00	13,20	2,64	0,08
MQ e SeL ² (33%)	0,66	26,40	33,00	19,80	3,98	0,12
MQ e SeL ² (45%)	0,88	35,20	44,00	26,40	5,28	0,16
MQ e SeL ² (56%)	1,10	44,00	55,00	33,00	6,60	0,20
MQ e SeL ² (67%)	1,32	52,80	66,00	39,60	7,92	0,24

¹- CN: Minerais inorgânicos - Todos minerais na forma inorgânica. Composição Por kg do premix: 90.000mg de Zn, 90.000mg de Mn, 60.000mg de Fe, 10.000mg de Cu e 400mg de Se e 1.000mg de iodo.

²- QM e SeL: Minerais quelatados e selênio levedura – Todos minerais na forma de organominerais. Composição por kg do premix: 40.000mg de Zn, 50.000mg de Mn, 30.000mg de Fe, 6.000mg de Cu e 180mg de Se.

³- Em todos os tratamentos o iodo foi suplementado ao nível de 1ppm na forma de iodato de potássio.

Tabela 2 – Composição das dietas experimentais.

Ingredientes	Inicial	Crescimento	Terminação
Milho	54,780	60,576	64,209
Farelo de soja (45,0%)	37,985	31,468	28,747
Óleo de soja	3,019	4,161	3,506
Fosfato bicálcico	1,847	1,615	1,453
Calcário	0,906	0,832	0,783
Sal	0,502	0,465	0,432
DL-Metionina, (99,0%)	0,262	0,210	0,202
L-Lisina HCl (78,4%)	0,161	0,153	0,168
L-Treonina (98,0%)	0,043	0,025	0,025
Cloreto de Colina (70,0%)	0,100	0,100	0,100
Suplemento Vitamínico ¹	0,120	0,120	0,100
Anticoccidiano (Salinomocina 12,0%)	0,055	0,055	0,055
BHT	0,010	0,010	0,010
Antibiótico (Avilamicina 10%)	0,010	0,010	0,010
Suplemento Mineral ²	-----	-----	-----
Amido	0,200	0,200	0,200
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional			
Proteína bruta %	21,906	19,410	18,462
Energia metabolizável kcal/kg,	3000	3150	3150
Ca, %	0,908	0,809	0,745
P disponível, %	0,454	0,404	0,372
Na, %	0,218	0,203	0,190
K, %	0,849	0,746	0,730
Cl, %	0,394	0,354	0,353
Lisina Total, %	1,311	1,138	1,084
Lisina dig, %	1,210	1,050	1,000
Metionina dig. %	0,565	0,486	0,468
Met. + Cis. dig, %	0,860	0,756	0,730
Treonina dig, %	0,787	0,684	0,650
Triptofano dig, %	0,246	0,213	0,200
Arginina dig, %	1,414	1,226	1,151
Valina dig, %	0,925	0,820	0,780
Glicina + Serina Total, %	2,000	1,768	1,680

1- Supl. Vitamínico – Quantidade por kg do produto: Vitamina A, 10.000.000UI; Vitamina D3, 2.000.000UI; Vitamina E, 35.000UI; Vitamina K3, 1,7g; Vitamina B1, 1,5g; Vitamina B6, 2,4g; Vitamina B12, 0,012g; Ac. Pantotênico, 12,0g; Biotina, 0,07g; Ac. Fólico, 0,7g; Ac. Nicotínico, 35g.

2 - Níveis adicionais de mineral substituíram o amido nas dietas experimentais.

Tabela 3 – Efeito da suplementação mineral sobre as características de desempenho de frangos de 1 a 21 dias de idade.

Tratamentos	GP ¹ (g)	CR ¹ (g)	CA ¹ (g/g)	Viab ¹ (%) ¹
CN	420 ^b	774 ^c	1,857 ^a	91,2 ^b
CP	846 ^a	1,113 ^{ab}	1,315 ^b	99,2 ^a
11%MQ e SeL	831 ^a	1,086 ^{ab}	1,307 ^b	98,4 ^a
22%MQ e SeL	830 ^a	1,073 ^b	1,293 ^b	99,6 ^a
33%MQ e SeL	838 ^a	1,099 ^{ab}	1,310 ^b	99,2 ^a
45%MQ e SeL	837 ^a	1,100 ^{ab}	1,314 ^b	98,0 ^a
56%MQ e SeL	839 ^a	1,094 ^{ab}	1,303 ^b	99,6 ^a
67%MQ e SeL	849 ^a	1,126 ^{ab}	1,327 ^b	98,0 ^a
P – value	***	***	***	***
CV	3,55	3,25	3,94	3,09

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK (P< 0,05).
NS > 0,05; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001.

Tabela 4 – Efeito da suplementação mineral sobre as características de desempenho de frangos de 1 a 49 dias de idade.

Tratamentos	Peso Final ¹ (g)	GP ¹ (g)	CR (g)	CA (g/g)	Viab (%)	IEP
CP	3,542 ^{ab}	3,495 ^{ab}	6,149	1,737	95,2	396
11%MQ e SeL	3,475 ^b	3,429 ^b	6,125	1,763	95,6	384
22%MQ e SeL	3,504 ^{ab}	3,458 ^{ab}	6,106	1,743	95,6	392
33%MQ e SeL	3,518 ^{ab}	3,471 ^{ab}	6,087	1,730	94,8	393
45%MQ e SeL	3,563 ^{ab}	3,517 ^{ab}	6,186	1,736	94,8	397
56%MQ e SeL	3,535 ^{ab}	3,486 ^{ab}	6,118	1,731	95,6	398
67%MQ e SeL	3,587 ^a	3,540 ^a	6,255	1,745	94,4	396
P – value	*	*	NS	NS	NS	NS
CV %	2,109	2,14	2,08	1,65	5,07	5,13

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).

NS > 0,05; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001.

Tabela 5 – Efeito da suplementação mineral sobre a concentração tecidual na matéria seca de Zn, Mn, Cu e Se no fígado, Se no Peito e Zn, Mn e Cu na Tíbia de frangos aos 21 dias de vida.

Tratamentos	Fígado (mg/kg)				Peito (mg/kg)	Tíbia (mg/kg)		
	Zn ¹	Mn ¹	Cu	Se	Se	Zn ¹	Mn ¹	Cu ¹
CN	64,10 ^a	2,76 ^c	6,27	1,20	1,78	53,38 ^c	3,03 ^b	3,08 ^b
CP	46,60 ^b	4,56 ^a	6,15	1,15	2,04	84,75 ^b	4,04 ^a	7,55 ^a
11%MQ e SeL	44,70 ^b	3,52 ^b	5,7	1,17	1,99	96,00 ^{ab}	4,08 ^a	7,64 ^a
22%MQ e SeL	45,40 ^b	3,52 ^b	5,85	1,18	1,99	112,00 ^{ab}	4,30 ^a	7,55 ^a
33%MQ e SeL	47,80 ^b	3,84 ^{ab}	6,6	1,17	2,29	114,25 ^{ab}	4,56 ^a	7,26 ^a
45%MQ e SeL	49,00 ^b	3,92 ^{ab}	6,69	1,17	2,25	108,50 ^{ab}	4,42 ^a	7,56 ^a
56%MQ e SeL	45,60 ^b	4,20 ^{ab}	6,78	1,18	2,26	123,50 ^a	4,16 ^a	7,90 ^a
67%MQ e SeL	46,50 ^b	4,44 ^a	6,90	1,16	2,24	119,50 ^{ab}	4,78 ^a	7,99 ^a
P - valor	***	***	NS	NS	NS	***	*	***
CV	8,92	14,21	12,89	26,8	20,49	24,60	26,87	14,90

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).

NS > 0,05; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001.

Tabela 6 – Efeito da suplementação mineral sobre a concentração tecidual na matéria seca de Zn, Cu, Se e Mn no fígado, Se no peito e Cu Mn e Zn na tíbia em frangos de 49 dias de vida.

Tratamentos	Fígado (mg/kg)				Peito (mg/kg)	Tíbia (mg/kg)		
	Zn ¹	Mn ¹	Cu	Se ¹	Se ¹	Zn ¹	Mn	Cu
CP	63,00 ^a	7,27 ^{ab}	8,04	2,04 ^a	0,99 ^{bc}	70,50 ^c	3,58	5,74
11%MQ e SeL	65,37 ^b	5,48 ^c	7,31	1,64 ^b	0,80 ^c	74,00 ^{bc}	3,09	6,14
22%MQ e SeL	64,85 ^b	5,42 ^c	7,43	1,51 ^b	1,09 ^{ab}	69,38 ^c	3,86	7,24
33%MQ e SeL	68,52 ^{ab}	6,78 ^b	7,41	2,09 ^a	1,20 ^{ab}	71,00 ^c	3,80	5,55
45%MQ e SeL	82,70 ^b	5,73 ^c	8,17	1,91 ^a	1,18 ^{ab}	78,63 ^{abc}	4,00	6,40
56%MQ e SeL	76,13 ^{ab}	8,06 ^a	8,00	2,06 ^a	1,34 ^a	85,75 ^a	3,98	5,04
67%MQ e SeL	72,98 ^{ab}	6,26 ^{bc}	7,75	1,93 ^a	1,25 ^{ab}	81,75 ^{ab}	4,18	6,20
P - valor	*	***	NS	***	***	***	NS	NS
CV	16,00	13,51	9,83	11,1	18,18	9,31	20,99	28,75

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).

NS > 0,05; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001.

Tabela 7 - Efeito da suplementação de micromineral quelatado e inorgânico sobre a umidade e concentração de Zn, Cu, e Mn na cama de frangos aos 21 dias de vida.

Tratamentos	mg/kg de matéria seca			Matéria seca (%)
	Cobre ¹	Manganês ¹	Zinco ¹	
CN	19,91 ^c	125,44 ^b	109,76 ^e	71,53
CP	40,64 ^a	227,90 ^a	213,17 ^a	66,42
11%MQ e SeL	24,33 ^c	131,72 ^b	115,14 ^{de}	68,16
22%MQ e SeL	26,55 ^{bc}	144,71 ^b	123,87 ^{de}	67,05
33%MQ e SeL	28,72 ^{abc}	155,54 ^b	134,13 ^d	67,63
45%MQ e SeL	32,31 ^{abc}	208,34 ^a	155,60 ^c	68,89
56%MQ e SeL	37,69 ^{ab}	212,19 ^a	176,73 ^b	67,05
67%MQ e SeL	39,8 ^a	227,50 ^a	187,63 ^b	67,26
P – value	***	***	***	NS
CV	21,76	14,89	8,69	3,90

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).

NS > 0,05; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001.

Tabela 8 – Efeito da suplementação de micromineral quelatado e inorgânico sobre a umidade e concentração de Zn, Cu, e Mn na cama de frangos aos 49 dias de vida.

Tratamentos	mg/kg de matéria seca			Matéria seca (%)
	Cobre ¹	Manganês ¹	Zinco ¹	
CP	57,53 ^a	368,12 ^a	312,66 ^a	55,92
11%MQ e SeL	29,37 ^e	129,06 ^f	153,68 ^f	51,53
22%MQ e SeL	31,23 ^e	137,32 ^f	136,76 ^e	58,84
33%MQ e SeL	37,45 ^d	185,10 ^e	172,95 ^d	57,52
45%MQ e SeL	46,76 ^c	222,95 ^d	202,60 ^c	52,63
56%MQ e SeL	51,89 ^b	254,76 ^c	222,33 ^b	55,63
67%MQ e SeL	58,27 ^a	304,46 ^b	260,49 ^b	52,94
P – value	***	***	***	NS
CV	5,99	7,26	9,75	6,05

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P< 0,05).
NS > 0,05; *P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01 ***P ≤ 0,001.

Artigo 2

Suplementação de organominerais em reduzidos níveis em substituição aos micromineral inorgânico para frango de corte de 21 a 42 dias de vida

R. A. Vieira*¹, L. F. T. Albino*, M. I. Hannas*, H. S. Rostagno* V. R. Junior*

*Animal Science Department, Federal University of Viçosa, Brazil.

¹Correspondência do autor: Rodolfo.vieira@ufv.br

Secção específica: Minerals and vitamine.

Resumo: Objetivou-se com esse experimento avaliar o fornecimento de organominerais em reduzidos níveis em substituição total a suplementação com minerais inorgânicos em dietas para frangos de corte de 21 a 35 e 21 a 42 dias de idade. Foram utilizados 1760 pintos de corte machos da linhagem COBB 500 distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com 8 tratamentos e 10 repetições de 22 aves por unidade experimental. No período de 1 a 21 dias de idade, os animais receberam uma ração suplementada com organominerais ao nível obtido em experimento anterior (33% do nível industrial), também foi fornecida uma dieta com microminerais inorgânicos a nível industrial no período de 1 a 21 dias para os animais. Durante o período experimental (21 a 42 dias) foram fornecidos uma dieta com microminerais inorgânicos suplementados de 1 a 42 dias e uma dieta com microminerais inorgânicos de 21 a 42 dias, ambas suplementadas com microminerais inorgânicos com níveis utilizados na indústria. (90ppm de Zn; 90 ppm de Mn; 60 ppm de Fe; 10ppm de Cu; 0,4ppm de Se), uma dieta sem suplementação de microminerais e 5 dietas com organominerais (Zn, Mn, Fe, Cu e Se), que suplementaram os microminerais em diferentes níveis, em percentuais médios de 11, 22, 33, 45 e 56% da concentração dos microminerais inorgânicos, além desses tratamentos, foi fornecido uma dieta com micromineral inorgânico com os mesmos níveis, porém fornecido de 1 os 42 dias. A substituição dos microminerais inorgânicos por minerais quelatados e selênio levedura em níveis médios de 22% da suplementação inorgânica (17,6ppm de Zn, 22ppm de Mn, 13,2ppm de Fe, 2,64ppm de Cu, 0,08ppm de Se e 0,88ppm de I) foram suficientes para manter o desempenho, a deposição de minerais nos tecidos e a qualidade de carne, com a vantagem de diminuir a excreção no ambiente.

Palavras chaves: minerais quelatados, excreção mineral, deposição de minerais nos tecidos, desempenho, selênio.

INTRODUÇÃO

Microminerais como Cu, Mn, Fe, Zn e Se são essenciais e desempenham importantes papéis nas atividades metabólicas dos animais, especialmente aqueles de rápido crescimento como frangos de corte. O melhoramento genético aumentou a taxa de crescimentos dos frangos aumentando suas exigências nutricionais, entretanto como os valores de exigências para microminerais foram determinados no início de 1990, sendo alguns dados de 1950 (NRC, 1994), os nutricionistas passaram a utilizar níveis mais elevados de minerais na ração baseando-se em conhecimento prático (Leeson, 2003). As fontes de minerais na forma de sais inorgânicas como sulfatos, óxidos e carbonatos, atualmente são as mais utilizadas devido ao seu baixo custo, entretanto, nessa forma, ocorre antagonismo entre os microminerais que é agravado quando fornecido em maiores quantidades (Underwood e Suttle, 2001; Peters e Mahan, 2008; Rutz e Murphy, 2009).

Nesse sentido pesquisas vem sendo realizadas e demonstram que a biodisponibilidade de microminerais varia consideravelmente entre as diferentes fontes. Os microminerais ligados a uma molécula orgânica apresentam biodisponibilidade consideravelmente superior aos demais em função das reduzidas reações antagônicas com outros componentes alimentares no trato gastrointestinal ou talvez em razão do transporte, utilização e deposição destes microminerais ser diferenciado nos tecidos e órgãos alvo, embora estes mecanismos não estejam elucidados (Manangi et al., 2012; Richards et al., 2010). Supõem-se que a utilização de microminerais mais biodisponíveis sob a forma de organominerais permite aos nutricionistas reduzirem o conteúdo mineral da ração sem deixar de atender às exigências das aves (Manangi et al., 2012).

Apesar dos microminerais não serem normalmente considerados no desenvolvimento ósseo, a ossificação é absolutamente dependente da disponibilidade

desses nutrientes (Dibner et al., 2007), já é evidente que não apenas os minerais do osso, mas também a matriz orgânica do osso são os responsáveis pela resistência óssea (Rath et al., 2000), estando presente nestas os microminerais Mn, Zn e Cu.

Acredita-se que a oxidação lipídica da carne seja um dos principais fatores para a deteriorização da mesma durante o processo de refrigeração (Ryu et al., 2006). A carne de frango tem potencial de oxidação elevado devido ao seu conteúdo de ácidos graxos poliinsaturados (Nanari et al., 2004). Alguns experimentos já comprovaram que o uso do micromineral Se pode minimizar a oxidação lipídica e o crescimento microbiano por ser componente da glutathione peroxidase, enzima que faz parte de um dos principais sistemas antioxidante do organismo (Yoon et al., 2007; Grashorn, 2007). A suplementação de selênio, especialmente selênio levedura, pode melhorar a qualidade da carne de frango de corte, reduzindo a perda líquida de água por gotejamento (Edens, 1996). Como a biodisponibilidade do Se levedura é maior, este também poderia ser fornecido em reduzidos níveis sem comprometer a qualidade da carne dos animais, Como o Mn aumenta a atividade da enzima superóxido dismutase, especialmente no interior da mitocôndria, seu uso também pode reduzir a oxidação degenerativa na carne, (Lu et al., 2006).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o fornecimento de organominerais, Fe, Cu, Zn, Mn e Se em reduzidos níveis em substituição total a suplementação de micromineral inorgânico e seu efeito sobre o desempenho, a deposição tecidual, qualidade de carne e a excreção mineral em frangos de corte no período de 21 a 35 e de 21 a 42 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no setor de avicultura da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, Brazil. Os procedimentos experimentais adotados com os animais foram previamente aprovados pelo comitê de ética da Universidade Federal de Viçosa definido pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA, 1991).

Animais e dietas

Foram utilizados um total de 1760 pintos de corte machos da linhagem COBB 500, com 21 dias e peso médio de 907g os quais foram alojados em um galpão dividido em boxes de 1,0 m x 1,5 m. A temperatura ambiental durante a fase experimental ficou entre uma média de máxima e mínima de 27 e 20°C, respectivamente, Durante o período de 1 a 21 dias os animais foram manejados de acordo com as recomendações práticas do manual Cobb 500. As aves foram vacinadas no incubatório contra a doença de Marek e, após o alojamento, não receberam nenhuma vacina.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados em função do posicionamento dentro do galpão com 8 tratamentos e 10 repetições de 22 aves por unidade experimental.

No período de 1 a 21 dias, os frangos de corte, referentes ao tratamento MI 1-42d, receberam ração suplementada com microminerais inorgânicos (90mg de Zn; 90mg de Mn; 10mg de Cu; 60mg de Fe e 0,4mg de Se). Os frangos de corte que seriam usados nos demais tratamentos foram suplementados de 1 a 21 dias com organominerais no nível obtido em experimento anterior: 28,8 mg de Zn, 36 mg de Mn, 4,32 mg de Cu, 21,6 mg de Fe, 1,44 e 0,129mg de Se (Vieira et al., dados não publicados), estabelecido como adequado para atender os requerimentos nutricionais dos frangos de corte de 1 a 21 dias de idade.

Aos 21 dias as aves foram pesadas e distribuídas nas unidades experimentais,

No período experimental, 21 a 42 dias, os tratamentos foram constituídos de uma dieta com microminerais inorgânicos(MI) suplementados de 1 a 42 dias (MI 1-42d), uma dieta com microminerais inorgânicos suplementados de 21 a 42 dias (MI 21-42d), um dieta sem suplementação de microminerais (SM) e 5 dietas com organominerais (Zn, Mn, Fe, Cu e Se), que suplementaram os microminerais em diferentes níveis, em percentuais médios de 11, 22, 33, 45 e 56% da concentração dos microminerais inorgânicos (OM 11%, 22%, 33%, 45% e 56%). A ração basal foi a base de milho e farelo de soja de modo a atender ou ultrapassar as recomendações de Rostagno et al. (2011) para as fases de crescimento (21 a 35d) e final (35 a 42d) (Tabela 1).

Na tabela 2 estão apresentados os tratamentos com as inclusões dos microminerais inorgânico e de organominerarias.

Os parâmetros de desempenho avaliados foram: ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade.

Coleta de amostras e análises

Para a determinação da umidade da cama e da concentração de minerais na cama, foram coletadas 300g de amostras de cama no interior de todos os boxes aos 35 e 42 dias de idade das aves, as quais foram levadas a estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas trituradas em moinho de aço inoxidável e analisadas as concentrações de Zn, Cu, Mn e Fe.

Ao final de cada fase de avaliação, 35 e 42 dias de idade, foram abatidas por deslocamento cervical 2 aves de cada unidade experimental com peso médio mais próximo da média do boxe e retiradas diferentes amostras de tecidos.

Foram coletadas uma porção de aproximadamente 3 cm x 3 cm x 1 cm do peito direito e o lobo esquerdo do fígado, os quais foram congelados a -70°C e liofilizadas para posterior análise de concentração dos minerais. As tíbias da perna direita com as

cartilagens adjacentes foram descarnadas e identificadas, posteriormente, foram levadas a estufa de ventilação forçada (55°C) por 72 horas, desgorduradas em extrator Soxhlet por 8 horas e trituradas em moinhos de aço inoxidável. Após cumprir estas etapas, foram analisados as concentrações de Zn, Cu, Mn, Ca e P no osso, Zn, Mn, Cu, Se no fígado e Cu, Mn, Zn e Se no peito. Para análise de qualidade de carne foram coletados o peito de cada animal sendo a porção esquerda destinada a determinação de perda de líquido por descongelamento (PLD) e cocção (PLC) e força de cisalhamento (FC) e o restante da porção direita destinada a determinação da oxidação lipídica (OXL). As amostras foram devidamente identificadas e congeladas em freezer -20°C por um período de 4 meses.

As análises de microminerais na cama e de macro e microminerais nos tecidos foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

Para a mensuração da PLD a porção esquerda de cada peito congelado foi pesada e colocada em uma câmara de refrigeração à 4°C, por um período de 24 horas, para descongelamento a frio. Após esse período, as amostras foram retiradas da câmara, enxugadas levemente com papel toalha e pesada novamente e quantificado a perda de líquido por descongelamento.

Para PLC, a mesma amostra permaneceu por 30 minutos à temperatura ambiente sendo, em seguida, assada em formo com grelha, previamente aquecido por 20 minutos a 150°C, até atingirem a temperatura interna de 70°C, sendo então retirados do forno e mantidos à temperatura ambiente até resfriarem para pesagem e quantificação da PLC. Foi utilizado sempre o mesmo número de amostras por fornalha.

Após a determinação da perda de peso por cocção, os filés foram envolvidos em papel absorvente para a remoção da umidade superficial e armazenados por 24 horas sob refrigeração a 4°C, para a determinação da FC. Quatro sub-amostras retangulares, de 1 cm x 1 cm x 2cm foram removidas de cada bife, de forma paralela à orientação das fibras

musculares iniciando os cortes 2 cm abaixo da porção cranial do peito, sendo os cortes realizados por um estilete com auxílio de um paquímetro. As sub-amostras foram cisalhadas perpendicularmente à orientação das fibras musculares, utilizando-se lâmina de corte em “V” invertido, com angulação de 60°, espessura de 1,06 mm e velocidade fixa de 25 mm/s, acoplada ao aparelho de Warner-Bratzler.

Para análise de OXL as amostras da carne do peito direito foram descongeladas, retirado o tecido conjuntivo com auxílio de um bisturi e moídas em processador. Uma alíquota de 10 gramas foi retirada em duplicata e adicionada a 20ml de TCA (ácido tricloroacético), homogeneizada, centrifugada a 4000 rpm/30 minutos a 4°C em centrífuga refrigerada, e filtrada, descartando-se o precipitado. Da solução obtida, 2ml foram adicionados à 2ml de TBA (ácido tiobarbitúrico), colocados em banho-maria por 20 minutos e lidos em espectrofotômetro a 532 nm. Para a obtenção da curva padrão, foi utilizado o TEP (1, 1', 3, 3" Tetratoxipropano) em diferentes alíquotas (10 a 100µl) adicionado a uma solução de 5 ml de TBA com 5ml de água destilada, colocado em banho-maria à 100°C por 35 minutos e lido em espectrofotômetro à 532nm.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância usando o procedimento GLM do software SAEG (1997). Havendo efeito significativo entre os tratamentos, estes foram comparados pelo Teste de Student Newman Keuls, considerando diferença significativa quando $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho

Os diferentes planos com MI ou OM não influenciaram ($P > 0,05$) o consumo de ração (CR) e a viabilidade (VIAB) dos frangos de corte para as duas fases de avaliação

($P > 0,05$) (tabela 3). Já para GP, a não suplementação (SM) proporcionou um menor ganho de peso (GP; $P < 0,05$) nas duas fases de avaliação. O tratamento com MI desde a fase inicial (MI1-42) permitiu aos frangos de corte apresentarem a melhor CA no período de 21 a 35 dias ($P < 0,001$), entretanto, aos 42 dias essa diferença não foi mais observada, não havendo diferença em relação aos tratamentos com diferentes níveis de suplementação quelatada. Para as duas fases a não suplementação mineral (CN) apresentou a pior conversão alimentar entre os tratamentos.

O menor ganho de peso e a pior conversão alimentar dos frangos alimentados com ração SM demonstra a necessidade dos microminerais para os animais, mesmo após os 21 dias de vida. Entretanto, apesar do menor desempenho, a suplementação na fase inicial foi suficiente para assegurar a viabilidade dos animais.

Normalmente quando o animal se encontra em deficiência dos microminerais Cu, Mn, Zn e Fe ocorre redução do consumo e conseqüentemente, menor ganho de peso com o intuito de assegurar as funções vitais do organismo (Bao et al., 2007). Não foi observada diferença para o consumo de ração, porém observou-se redução do ganho de peso e piora na conversão alimentar dos animais quando não foi realizada a suplementação dos microminerais, estando de acordo com os autores Bao et al. (2007).

Deposição tecidual

A não suplementação de microminerais dos 21 aos 42 dias (SM) e o uso de MI durante toda vida (MI 1-42d) resultaram em menor concentração de Se no peito ($P < 0,05$) em relação ao maior nível de OM (OM 56%), tabela 4. No fígado aos 42 dias a não suplementação mineral (CN) ocasionou a menor concentração de Se ($P < 0,05$) em relação aos outros tratamentos, diferença essa não encontrada aos 35 dias ($P > 0,05$). O uso de OM mesmo em baixos níveis ou exclusivamente na fase de 1 a 21 dias (CN) garantiu

deposição de Se no peito e no fígado igual ou superior a suplementação de 0,4ppm de selênio na forma inorgânica (selenito de sódio; MI1-42d) durante todas as fases.

A eficiência de utilização do selênio a partir de compostos orgânicos é provavelmente influenciada pelo teor de selenometionina, quanto maior o teor de selenometionina maior a deposição nos tecidos. Segundo dados de literatura, o selênio levedura contém 54-74% de selenometionina (Ševčíkova et al, 2006), isso explica a razão de quantidades baixas de selênio ou mesmo a deficiência, a partir dos 21 dias, ser capaz de manter a mesma concentração tecidual no peito e no fígado dos frangos que receberam ração com selênio apenas na forma inorgânica (MI).

Não houve diferença nas concentrações no peito de Cu, Mn e Zn ($P>0,05$).

No fígado, aos 35 dias a não suplementação mineral (SM) proporcionou as menores concentrações de Mn ($P<0,001$) e a não suplementação (SM) junto com a suplementação de 11% MO proporcionaram as menores concentrações de Zn em relação as maiores suplementações de OM ou de MI.

Aos 42 dias, os teores de Cu e Zn no fígado dos frangos submetidos ao tratamento com MI desde a fase inicial (MI 1 - 42d) foram os menores ($P<0,05$). Quanto ao teor de Mn, a não suplementação (SM) foi que proporcionou menor concentração ($P<0,001$) desde mineral no fígado. Os tratamentos com suplementação igual ou superior ao nível de 22% dos microminerais na forma de OM proporcionaram concentração de minerais nos tecidos igual ou superior aos tratamentos com suplementação inorgânica, com a única exceção do Cu aos 42 dias, onde o tratamento com mineral na forma inorgânica a partir dos 21 dias (MI 21-42d) foi o que proporcionou maior concentração ($P<0,05$).

As concentrações de minerais nos tecidos são indicadores de armazenamento corporal e ou status de mineral e têm sido utilizadas como biomarcadores na exigência e em estudos de biodisponibilidade (Yan et al., 2006; Wang et al., 2007) Sendo assim, a

mesma concentração ou a maior concentração dos microminerais Cu, Mn e Zn no peito ou no fígado dos animais suplementados com baixos níveis de microminerais, na forma de organominerais, em relação a suplementação inorgânica poderia ser atribuída ao aumento da biodisponibilidade do mineral a partir da fonte orgânica em comparação a fonte inorgânica.

Aos 35 dias, a maior concentração de Cu na tíbia foi proporcionada pelo tratamento com maior suplementação de OM (OM 56%) e pelo tratamento com 33% de OM (OM 33%) ($P < 0,05$), tabela 5. Quanto ao teor de Mn, os maiores valores foram encontrados nos frangos dos tratamentos OM 56% e MI 1-42d, sendo que a não suplementação (SM) ocasionou a menor concentração tanto de Mn quanto de Cu na tíbia ($P < 0,05$). A concentração de Zn na tíbia foi maior para o tratamento com maior nível de suplementação de mineral quelatado (OM 56%) ($P < 0,05$). Quanto ao cálcio, o uso de 45% de OM proporcionou maior concentração desse mineral na tíbia ($P < 0,05$) sendo que a maior concentração de P foi proporcionada pelo tratamento com maior concentração de microminerais na forma quelatada (OM56%; $P < 0,05$). Níveis menores de suplementação de OM (11 e 22%) não apresentaram diferença em relação aos tratamentos com MI.

Aos 42 dias a concentração de Cu foi maior para o tratamento com 45% de suplementação (OM45%) sendo que a maior concentração de Mn foi proporcionada pelos níveis de 45% e de 22% de OM ($P < 0,002$). O Zn apresentou maior concentração ($P < 0,05$) na tíbia dos frangos do tratamento com maior suplementação de OM(OM56%). A maior deposição de fósforo foi observada com o uso de 45% de OM.

Os resultados de Ca e principalmente de P na tíbia podem ser explicados pelas concentrações dos demais microminerais. Underwood e Suttle (2001) relataram que o processo que assegura o fornecimento de Ca e de P em quantidades adequadas pode causar uma deficiência dos microminerais, isto é devido à tendência de minerais

catiônicos formarem complexos insolúveis com P, ácido fítico, e outros componentes da digesta. Hoje já é evidente que o aumento da disponibilidade de microminerais pode ter efeitos biológicos significativos, incluindo melhor mineralização óssea. Osphal et al. (1982) demonstraram que a deficiência do micromineral Cu diminui a formação de ligações cruzadas de colágeno e a mineralização óssea. Não se sabe ainda se com o aumento das ligações cruzadas ocorreria aumento da mineralização e resistência óssea (Rath et al., 2000), entretanto a redução da ligação cruzada por inibição da enzima lisil oxidase com deficiência de Cu reduz a calcificação óssea e conseqüentemente a resistência óssea. Wang et al. (2002), em estudo realizado com frangos recém eclodidos, também observaram que o uso de baixa quantidade de Zn na dieta (10 mg / kg), afeta negativamente a formação óssea. Antagonismos também podem ocorrer entre um micromineral e outro, por exemplo, os níveis elevados de Zn podem reduzir a disponibilidade de Cu (Ao et al., 2009), o mecanismo de como isso acontece é desconhecido, porém estudos mostraram que o consumo elevado de Zn inorgânico aumenta a produção da metalotioneína na mucosa intestinal, que tem uma elevada afinidade de ligação pelo Cu (Hall et al., 1979; Fischer et al., 1983). Todas essas interações antagonistas ocorrem com as fontes inorgânicas, principalmente quando fornecidas em grande quantidade, nesse sentido os organominerais apresentam grandes benefícios. Os resultados obtidos nesse experimento demonstram uma maior deposição de Ca e P nos tratamentos com maiores níveis de organominerais, o que sugere que atualmente os problemas de perna devido ao rápido crescimento proporcionado pelo melhoramento genético de grande ocorrência na produção moderna dos frangos de corte podem ser minimizados com o uso de organominerais e que a relação cálcio e fósforo não é a única determinante para garantir a adequada ossificação quando se trabalha com dietas suplementadas com microminerais inorgânicos.

Concentração de microminerais na cama

De uma forma quase geral, o aumento da suplementação de microminerais na dieta promoveu aumento da concentração de microminerais na cama, com exceção do Mn aos 42 dias ($p>0,05$). Os frangos que receberam suplementação de MI geraram maior concentração de microminerais na cama (tabela 6).

Segundo Nollet (2008) as menores taxas de excreção observadas nas dietas com organominerais são uma consequência das altas concentrações de microminerais inorgânicos suplementados na dieta, Isso comprova que é possível o fornecimento de baixos níveis de microminerais na forma de organominerais sem que afete o desempenho e que diminua a excreção no meio ambiente, Resultado este que pode ser atribuído a melhor biodisponibilidade dos organominerais em relação aos de fonte inorgânica (Manangi et al., 2012).

Qualidade de Carne

Aos 35 dias não foram encontradas diferenças ($P>0,05$) entre os tratamentos para PLD , PLC, FC. Os frangos alimentados com os níveis de OM (22%, 45% e 56%) apresentaram menor OXL ($P<0,01$) em relação aos animais consumindo ração sem suplementação mineral (SM), Tabela 7.

Essa menor oxidação dos tratamentos suplementados com os minerais na forma de organominerais em relação ao tratamento sem suplementação mineral (SM) justifica-se pela maior concentração de Se no peito e devido ao Se retardar o processo oxidativo associado com a formação de metamioglobina resultando em menores valores de TBARS (Kim et al., 2010). Diversos autores já relataram a redução do processo oxidativo com o uso de Se na dieta (Ryu et al., 2005; Rhee et al., 2006; Kim et al., 2010). Além do Se, o Zn e Cu são necessários para a estrutura e função da Cu-Zn superóxido dismutase (Cu-

Zn SOD), que é amplamente distribuída e compõe 90% do total de superóxido dismutase, protegendo o cérebro, os pulmões, e outros tecidos da oxidação (Noor et al., 2002). É possível inferir que esses microminerais ao serem fornecidos na forma de organominerais, mesmo que em baixos níveis, contribuíram na redução da oxidação lipídica do peito de frango.

A não suplementação de microminerais a partir dos 21 dias proporcionou menores PLD no peito de frango com 42 dias (SM), em relação aos dois tratamentos com MI e com 33% de OM ($P < 0.001$). Os resultados não estão de acordo com o que se esperava, entretanto, por esses animais terem sido tratados com organominerais apenas até os 21 dias, uma possível explicação para esse resultado seria uma deficiência de microminerais ter ocasionado uma prévia desidratação dos animais durante ou antes mesmo do abate, o que diminuiria suas perdas líquidas ao final.

CONCLUSÃO

É possível substituir totalmente a suplementação de microminerais inorgânicos por níveis inferiores na forma de organominerais (Zn, Fe, Cu, Mn quelatados e Se levedura). Os níveis mínimos de 17,6ppm de Zn, de 22ppm de Mn, de 13,2ppm de Fe, de 2,64ppm de Cu e de 0,08ppm de Se nas fases de 21 a 42 dias são suficientes para a manutenção do desempenho, da deposição nos tecidos e da qualidade de carne, com a vantagem de diminuir a excreção dos microminerais no ambiente.

AGRADECIMENTOS

A Todos que me ajudaram de alguma forma e a empresa Alltech do Brasil .
Agroindustrial Ltda pelo incentivo e suporte financeiro.

REFERENCIAS

- Ao, T., J. Pierce, L. R. Power, A. J. Pescatore, A. H. Cantor, K. A. Dawson, and M. J. Ford. 2009. Effects of feeding different forms of zinc and copper on the performance and tissue mineral content of chicks, *Poult. Sci.* 88:2171–2175.
- Bao, Y. M., M. Choct, P. A. Iji, and K. Bruerton. 2007. Effect of organically complexed copper, iron, manganese, and zinc on broiler performance, mineral excretion, and accumulation in tissues. *J. Appl. Poult. Res.* 16:448–455.
- Dibner, J. J., J. D. Richards, M. L. Kitchell, and M. A. Quiroz. 2007. Metabolic challenges and early bone development. *Poult. Sci.* 16:126-137.
- Edens, F. W. 1996. Organic selenium: From feathers to muscle integrity to drip loss. Five years onward; No more selenite Pages 165-185 in *Biotechnology in the feed industry: The living Gut. Proc. 12th Annu. Symp.* T.P. Lyons and K. A. Jacques, ed Nottingham University Press. Nottingham. UK.
- Fischer, P. W., F. A. Giroux, and M. R. L. Abbe. 1983. Effects of zinc on mucosal copper binding and on the kinetics of copper, absorption. *J. Nutr.* 113:462–469.
- Garvin, D. F., R. M. Welch, and J. W. Finley. 2006. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *J. Sci. Food Agric.* 86:2213–2220.
- Graham, R., D. Senadhira, S. Beebe, C. Iglesias, and I. Monasterio. 1999. Breeding for micronutrient density in edible portions of staple food crops: conventional approaches. *Field Crops Res.* 60:57–80.
- Grashorn, M. A. 2007. Functionality of poultry meat. *J. Appl. Poult. Res.* 16:99-106. Hall, A. C., B. W. Young, and I. Brenner. 1979. Intestinal metallothionein and the mutual antagonism between copper and zinc in the rat. *J. Inorg. Biochem.* 11:57–66.

- Instituto Adolfo Lutz. 2005. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4th ed. São Paulo. 2005b. p. 593.
- Kim, Y. J., S. K. Jin, and H. S. Yang. 2010. Effect of dietary α -tocopherol, selenium, and their different combinations on growth performance and meat quality of broiler chickens. *Poult. Sci.* 89:603-608.
- Leeson, S. 2003. A new look at trace mineral nutrition of poultry: Can we reduce environmental burden of poultry manure? Pages 125–131 in *Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceedings of the 19th Annual Symposium.*
- Lu, L., X. G. Luo, C. Ji, B. Liu, and S. X. Yu. 2006. Effect of manganese supplementation and source on carcass traits, meat quality, and lipid oxidation in broilers. *J. Anim. Sci.* 85:812-822.
- Manangi, M. K., M. Vazquez-Añon, J. D. Richards, S. Carter, R. E. Buresh, and K. D. Christensen. 2012. Impact of feeding lower levels of chelated trace minerals versus industry levels of inorganic trace minerals on broiler performance, yield, footpad health and litter mineral concentration. *Poult. Sci.* 21:881-890.
- Nanari, M. C., S. K. Hewavitharana, C. Beca, and S. Jong. 2004. Effect of dietary tocopherols and tocotrienols on the antioxidant status and lipid stability of chicken, *Meat Sci.* 68:155-162.
- NRC (National Research Council). 1994. *Nutritional Requirements of Poultry.* 9th rev. ed. National Academy Press. Washington, DC.
- Nollet, L., G. Huyghebaert, and P. Spring. 2008. Effect of different levels of dietary organic (Bioplex) trace minerals on live performance of broiler chickens by growth phases. *J. Appl. Poult. Res.* 17:109-115.
- Noor, R., S. Mittal, and J. Iqbal. 2002. Superoxide dismutase-applications and relevance to human disease. *Med. Sci. Monit.* 8:RA210-RA215.

- Osphal, W., H. Zeronian, M. Ellison, D. Lewis, R. S. Rucker, and R. Riggins. 1982. Role of copper in collagen-linking and its influence on selected mechanical properties of chick bone and tendon. *J. Nutr.* 12:708–716.
- Peters, J. C., and D. C. Mahan. 2008. Effects of dietary organic trace mineral levels on sow reproductive performances and daily mineral intakes over six parities. *J. Anim. Sci.* 86:2247-2260.
- Rath, N. C., G. R. Huff, W. E. Huff, and J. M. Balog. 2000. Factors regulating bone maturity and strength in poultry. *Poult. Sci.* 79:1024-1032.
- Rhee, M. S., Y. C. Ryu, and B. C. Kim. 2006. Effects of packaging methods on shelf life of selenium-supplemented chicken meat during refrigerated storage. *Food Sci, Biotechnol.* 15:431-436.
- Richards, J. D., P. Fisher, T. D. Wineman, C. A. Atwell, and K. J. Wedekind. 2010. Estimation of the Zn bioavailability of a Zn chelate relative to Zn sulfate based on tibia Zn and small intestinal metallothionein expression. Pages 2– 3 in *Int. Poult. Sci. Forum.* Atlanta. GA. Southern Poult. Sci. Soc. (Abstr).
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. F., Lopes, D. C., Ferreira, A. S., Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Departamento de Zootecnia. UFV. Viçosa, MG. 252 pp.
- Rutz, F., and R. Murphy. 2009. Minerais orgânicos para aves e suínos. In: *I Congresso Internacional sobre uso da Levedura na Alimentação Animal* (in Portuguese). CBNA. Campinas. Sao Paulo. Brazil. p21-36.
- Ryu, Y. C., M. S. Rhee, M. H. Lee, and B. C. Kim. 2005. Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. *Poult. Sci.* 84:809-815.

- Ryu, Y. C., M. S. Rhee, M. H. Lee, S. K. Lee, and B. C. Kim. 2006. Effects of packaging methods on the meat quality of α -tocopherol supplemented broiler chicks during refrigerated storage. *Food Sci. Biotechnol.* 15:248-253.
- SAEG, Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. (1997).– Universidade Federal de Viçosa.
- Underwood, E. J., and Suttle N. F. 2001. *The Mineral Nutrition of Livestock*,. 3rd ed. CABI Int., London. UK.
- Wang, C., H, Luosujarvi, J. Heikkinen, M. L. Uitto, R. Myllyla. 2002. The third activity for lysyl hydroxylase 3: galactosylation of hydroxylysyl residues in collagens in vitro. *Matrix Biol* 21:559–566.
- Wang, Z., S. Cerrate, C. Coto, F. Yan, and P. W. Waldroup. 2007. Evaluation of Mintrex copper as a source copper in broiler diets. *Int. J. Poult. Sci.* 6:308–313.
- Yan, F., and P. W. Waldroup. 2006. Evaluation of Mintrex manganese as a source of manganese for young broilers. *Int. J. Poult. Sci.* 5:708–713.
- Yoon, I., T. M. Werner, and J. M. Butler. 2007. Effect of source and concentration of selenium on growth performance and selenium retention in broiler chickens. *Poult. Sci.* 86:727-730.

TABELAS

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais.

Ingredientes	Inicial	Crescimento	Terminação
Milho	54,780	60,576	64,209
Farelo de soja (45,0%)	37,985	31,468	28,747
Óleo de soja	3,019	4,161	3,506
Fosfato bicálcico	1,847	1,615	1,453
Calcário	0,906	0,832	0,783
Sal	0,502	0,465	0,432
DL-Metionina, (99,0%)	0,262	0,210	0,202
L-Lisina HCl (78,4%)	0,161	0,153	0,168
L-Treonina (98,0%)	0,043	0,025	0,025
Cloreto de Colina (70,0%)	0,100	0,100	0,100
Suplemento Vitamínico ¹	0,120	0,120	0,100
Anticoccidiano (Salinomocina 12,0%)	0,055	0,055	0,055
BHT	0,010	0,010	0,010
Antibiótico (Avilamicina 10%)	0,010	0,010	0,010
Suplemento Mineral ²	-----	-----	-----
Amido	0,200	0,200	0,200
Total	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional			
Proteína bruta %	21,906	19,410	18,462
Energia metabolizável kcal/kg,	3000	3150	3150
Ca, %	0,908	0,809	0,745
P disponível, %	0,454	0,404	0,372
Na, %	0,218	0,203	0,190
K, %	0,849	0,746	0,730
Cl, %	0,394	0,354	0,353
Lisina Total, %	1,311	1,138	1,084
Lisina dig, %	1,210	1,050	1,000
Metionina dig. %	0,565	0,486	0,468
Met. + Cis. dig, %	0,860	0,756	0,730
Treonina dig, %	0,787	0,684	0,650
Triptofano dig, %	0,246	0,213	0,200
Arginina dig, %	1,414	1,226	1,151
Valina dig, %	0,925	0,820	0,780
Glicina + Serina Total, %	2,000	1,768	1,680

1– Supl. Vitamínico – Quantidade por kg do produto: Vitamina A, 10.000.000UI; Vitamina D3, 2.000.000UI; Vitamina E, 35.000UI; Vitamina K3, 1,7g; Vitamina B1, 1,5g; Vitamina B6, 2,4g; Vitamina B12, 0,012g; Ac. Pantotênico, 12,0g; Biotina, 0,07g; Ac. Fólico, 0,7g; Ac. Nicotínico, 35g.

2 - Níveis adicionais de mineral substituíram o amido nas dietas experimentais.

Tabela 2 – Tratamentos experimentais.

Suplemento	kg/t	Zn	Mn	Fe	Cu	Se
Fase inicial 1-21d	ração	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
MI ¹ (1-42)	1,00	90,00	90,00	60,00	10,00	0,40
OM ² (todos trat)	0,66	26,40	33,00	19,80	3,98	0,12

Suplemento	kg/t	Zn	Mn	Fe	Cu	Se
Fase Cresc, 21-42d	ração	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
MI ¹ 1-42d	1,00	90,00	90,00	60,00	10,00	0,40
MI ¹ 21-42d	1,00	90,00	90,00	60,00	10,00	0,40
SM,	0	0	0	0	0	0
OM ² (11%)	0,22	8,80	11,00	6,60	1,32	0,04
OM ² (22%)	0,44	17,60	22,00	13,20	2,64	0,08
OM ² (33%)	0,66	26,40	33,00	19,80	3,98	0,12
OM ² (45%)	0,88	35,20	44,00	26,40	5,28	0,16
OM ² (56%)	1,10	44,00	55,00	33,00	6,60	0,20

¹- Todos minerais na forma inorgânica. Composição Por kg da mistura de minerais inorgânicos: 90,000mg de Zn, 90,000mg de Mn, 60,000mg de Fe, 10,000mg de Cu, e 400mg de Se .

²- Todos minerais na forma de organominerais. Composição por kg da mistura de minerais quelatados e selênico levedura: 40,000mg de Zn, 50,000mg de Mn, 30,000mg de Fe, 6,000mg de Cu, 180mg de Se e 2,000mg de iodo (inorgânico).

³- Em todos os tratamentos o iodo foi suplementado ao nível de 1ppm na forma de iodato de potássio.

Tabela 3 – Efeito da suplementação de microminerais sobre as características de desempenho de frangos aos 35 e 42 dias de idade.

Tratamento	Desempenho			
	CR(kg)	GP(kg) ¹	CA ¹	Viab
21 - 35d				
(MI 1-42d)	2,141	1,313 ^a	1,631 ^c	99,60
(MI 21-42d)	2,130	1,284 ^{ab}	1,659 ^{ab}	99,20
(SM 0%)	2,085	1,209 ^c	1,727 ^a	99,20
(OM 11%)	2,122	1,273 ^{ab}	1,667 ^{ab}	100,00
(OM 22%)	2,128	1,279 ^{ab}	1,665 ^{ab}	100,00
(OM 33%)	2,109	1,260 ^b	1,674 ^{ab}	100,00
(OM 45%)	2,138	1,272 ^{ab}	1,682 ^b	99,20
(OM 56%)	2,123	1,283 ^{ab}	1,656 ^{ab}	99,20
CV(%)	1,959	2,942	2,203	4,076
P – valor	NS	***	***	NS
21 - 42d				
(MI 1-42d)	3,501	2,036 ^a	1,720 ^b	99,57
(MI 21-42d)	3,517	2,031 ^a	1,733 ^b	99,13
(SM 0%)	3,460	1,915 ^b	1,808 ^a	98,70
(OM 11%)	3,487	1,984 ^a	1,758 ^{ab}	100,00
(OM 22%)	3,533	2,033 ^a	1,738 ^b	100,00
(OM 33%)	3,495	2,013 ^a	1,737 ^b	99,13
(OM 45%)	3,544	2,016 ^a	1,760 ^{ab}	98,26
(OM 56%)	3,538	2,044 ^a	1,733 ^b	97,39
CV(%)	2,118	3,132	3,215	5,63
P - valor	NS	***	*	NS

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).

NS > 0,05; *P < 0,05; ***P < 0,001.

Tabela 4 – Efeito da suplementação de microminerais sobre a concentração de microminerais nos tecidos do peito e fígado de frangos aos 35 e 42 dias de vida.

Tratamento	35dias				42dias			
	Cu ¹	Se ¹	Mn ¹	Zn ¹	Cu ¹	Se ¹	Mn ¹	Zn ¹
Peito (ppm)								
(MI 1-42d)	1,15	1,15 ^b	0,94	22,01	1,20	0,92 ^{ab}	0,67	26,98
(MI 21-42d)	1,16	1,49 ^{ab}	1,01	21,63	1,25	1,10 ^{ab}	0,69	26,20
(SM 0%)	1,24	1,05 ^b	0,88	22,56	1,19	0,82 ^b	0,43	26,26
(OM 11%)	1,46	1,43 ^{ab}	1,15	22,58	1,26	1,10 ^{ab}	0,58	33,00
(OM 22%)	1,15	1,48 ^{ab}	1,02	21,08	1,09	0,97 ^{ab}	0,56	25,96
(OM 33%)	1,46	1,63 ^{ab}	0,95	23,23	1,18	0,94 ^{ab}	0,57	27,41
(OM 45%)	1,16	1,60 ^{ab}	0,81	23,00	1,22	1,06 ^{ab}	0,71	27,43
(OM 56%)	1,38	1,79 ^a	0,95	24,20	1,31	1,17 ^a	0,59	27,07
CV(%)	29,870	30,952	35,067	11,121	26,700	24,319	38,651	21,075
P-valor	NS	***	NS	NS	NS	*	NS	NS
Fígado (ppm)								
(MI 1-42d)	14,53 ^{ab}	1,38	5,40 ^a	91,11 ^a	6,81 ^c	0,97 ^{bc}	8,01 ^{ab}	48,61 ^b
(MI 21-42d)	13,09 ^b	1,22	4,79 ^a	84,21 ^a	12,25 ^a	1,10 ^b	7,47 ^{ab}	71,83 ^a
(SM 0%)	13,17 ^b	1,00	3,66 ^b	68,50 ^b	9,73 ^b	0,63 ^c	4,90 ^d	65,02 ^a
(OM 11%)	11,66 ^b	1,07	4,88 ^a	72,08 ^b	10,51 ^{ab}	1,23 ^{ab}	5,66 ^{cd}	73,58 ^a
(OM 22%)	13,47 ^b	1,28	5,33 ^a	90,36 ^a	9,511 ^b	1,06 ^b	7,03 ^{bc}	64,57 ^a
(OM 33%)	15,15 ^{ab}	1,25	6,07 ^a	93,87 ^a	11,21 ^{ab}	1,39 ^{ab}	9,38 ^a	75,93 ^a
(OM 45%)	13,33 ^b	1,3	6,27 ^a	87,82 ^a	9,98 ^b	1,28 ^{ab}	8,41 ^{ab}	69,69 ^a
(OM 56%)	15,89 ^a	1,46	6,18 ^a	95,98 ^a	9,63 ^b	1,61 ^a	7,74 ^{ab}	67,03 ^a
CV(%)	12,327	28,516	21,420	15,137	18,070	32,768	22,907	14,831
P-valor	***	NS	***	***	***	***	***	***

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).

NS > 0,05; *P < 0,05; ***P < 0,001.

Tabela 5 – Efeito da suplementação microminerais sobre a concentração tecidual de Cu, Mn, Zn, Ca e P na tíbia de frangos aos 35 e 42 dias de vida.

	TÍBIA				
	Cu ¹ (ppm)	Mn ¹ (ppm)	Zn ¹ (ppm)	Ca ¹ (%)	P ¹ (%)
35 d					
(MI 1-42d)	7,74 ^{bcd}	5,54 ^a	163,32 ^{bc}	18,26 ^b	8,16 ^c
(MI 21-42d)	6,39 ^d	5,39 ^{ab}	156,85 ^c	17,95 ^b	8,31 ^c
(SM 0%)	4,48 ^e	4,26 ^d	170,78 ^{ab}	18,63 ^b	8,49 ^c
(OM 11%)	6,89 ^{cd}	4,69 ^{bcd}	162,67 ^{bc}	17,83 ^b	8,37 ^c
(OM 22%)	9,31 ^{ab}	4,87 ^{abcd}	157,58 ^c	17,17 ^b	7,74 ^c
(OM 33%)	10,23 ^a	4,55 ^{cd}	159,67 ^c	17,54 ^b	7,81 ^c
(OM 45%)	8,53 ^{abc}	5,10 ^{abc}	176,85 ^{ab}	20,74 ^a	9,16 ^b
(OM 56%)	10,25 ^a	5,62 ^a	180,55 ^a	18,67 ^b	10,78 ^a
CV(%)	20,085	12,692	8,010	7,518	7,518
P – valor	***	***	***	***	***
42 d					
(MI 1-42d)	4,79 ^d	6,24 ^{ab}	192,70 ^b	18,60	9,72 ^{ab}
(MI 21-42d)	4,98 ^d	5,04 ^b	196,42 ^b	19,13	9,63 ^{ab}
(SM 0%)	6,91 ^c	5,72 ^{ab}	171,74 ^b	19,78	9,57 ^b
(OM 11%)	4,60 ^d	5,04 ^b	178,10 ^b	19,18	9,74 ^{ab}
(OM 22%)	6,27 ^c	7,34 ^a	225,74 ^{ab}	18,78	9,52 ^b
(OM 33%)	6,48 ^c	4,93 ^b	183,80 ^b	19,19	10,05 ^{ab}
(OM 45%)	9,70 ^a	7,01 ^a	229,35 ^{ab}	18,79	10,52 ^a
(OM 56%)	8,35 ^b	6,14 ^{ab}	255,60 ^a	18,84	9,86 ^{ab}
CV(%)	17,831	25,432	23,861	4,675	6,998
P- valor	***	**	**	NS	*

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P < 0,05).
NS > 0,05; *P < 0,05; ***P < 0,001.

Tabela 6 – Efeito da suplementação de microminerais sobre a concentração de Cu, Mn, Zn e Fe na cama de frangos aos 35 e 42 dias de vida.

Tratamento	Minerais na cama (ppm)			
	Cu ¹	Mn ¹	Zn ¹	Fe ¹
35dias				
T1 (MI 1-42d)	76,91 ^a	383,09 ^a	440,31 ^a	825,73 ^a
T2 (MI 21-42d)	68,91 ^{ab}	331,53 ^b	367,39 ^b	802,97 ^a
T3 (SM 0%)	36,18 ^d	139,35 ^f	151,97 ^g	518,43 ^b
T4 (OM 11%)	45,05 ^{cd}	163,90 ^f	174,20 ^{fg}	600,35 ^b
T5 (OM 22%)	50,47 ^{bcd}	184,67 ^{ef}	199,71 ^{ef}	569,62 ^b
T6 (OM 33%)	60,58 ^{abc}	217,58 ^{de}	220,77 ^{de}	645,52 ^b
T7 (OM 45%)	57,44 ^{abc}	241,41 ^{cd}	250,34 ^d	583,93 ^b
T8 (OM 56%)	62,11 ^{abc}	283,66 ^c	303,63 ^c	676,00 ^b
CV(%)	28,860	19,605	15,950	20,627
P-valor	***	***	***	***
42dias				
T1 (MI 1-42d)	82,25 ^a	360,74 ^a	384,40 ^a	823,94 ^a
T2 (MI 21-42d)	79,07 ^a	353,22 ^a	388,28 ^a	863,72 ^a
T3 (SM 0%)	30,37 ^b	181,97 ^a	140,78 ^d	570,66 ^b
T4 (OM 11%)	37,50 ^{ab}	192,48 ^a	189,70 ^{cd}	576,02 ^b
T5 (OM 22%)	40,90 ^{ab}	229,72 ^a	168,72 ^{cd}	694,74 ^{ab}
T6 (OM 33%)	55,27 ^{ab}	228,26 ^a	202,80 ^{cd}	719,42 ^{ab}
T7 (OM 45%)	61,58 ^{ab}	244,10 ^a	233,68 ^{bc}	643,08 ^b
T8 (OM 56%)	67,95 ^{ab}	258,79 ^a	274,20 ^b	741,24 ^{ab}
CV(%)	40,226	37,716	17,633	18,264
P-valor	**	*	***	**

¹letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P< 0,05).
NS > 0,05; *P < 0,05; ***P < 0,001.

Tabela 7 – Efeito da suplementação de microminerais sobre a perda de líquido por descongelamento e cocção, a força de cisalhamento e TBARS no peito de frangos aos 35 e 42 dias de vida.

Trat	Perdas, Cisalhamento e Oxidação lipídica			
	PLD* (%)	PLC (%)	FC (kgf/g)	TBARS* (mg de malonaldeído/kg)
35d				
(MI 1-42d)	9,38	18,15	2,85	0,379ab
(MI 21-42d)	10,16	18,25	2,359	0,307b
(SM 0%)	10,57	18,22	2,241	0,517a
(OM 11%)	11,99	18,03	1,839	0,426ab
(OM 22%)	10,12	16,45	1,497	0,308b
(OM 33%)	10,58	19,26	2,153	0,354ab
(OM 45%)	10,28	18,57	2,135	0,271b
(OM 56%)	12,46	18,25	2,471	0,268b
CV(%)	18,118	5,805	42,484	42,867
P-valor	NS	NS	NS	**
42d				
(MI 1-42d)	14,30a	18,55	1,683	0,427
(MI 21-42d)	14,02a	19,70	2,256	0,411
(SM 0%)	9,30b	18,87	1,773	0,410
(OM 11%)	11,84ab	19,40	1,959	0,419
(OM 22%)	12,05ab	19,54	2,243	0,392
(OM 33%)	12,43a	18,54	1,661	0,399
(OM 45%)	12,02ab	18,71	2,353	0,397
(OM 56%)	12,10ab	18,55	2,130	0,398
CV(%)	9,961	5,839	30,386	35,470
P-valor	***	NS	NS	NS

*letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste SNK(P< 0,05).

PLD:Perdas descongelamento, PLC: Perdas Cocção, FC: força de cisalhamento e OXI: oxidação lipídica.

NS > 0,05; *P < 0,05; ***P < 0,001.

CONCLUSÕES GERAIS

É fundamental a suplementação de microminerais em dietas para frangos de corte de alto desempenho, tanto nas fases iniciais quanto na de crescimento.

A suplementação de microminerais na forma de organominerais pode substituir completamente a suplementação de microminerais de fontes inorgânicas. O fornecimento de organominerais nas fases de 1 a 21 dias e 21 a 42 dias em nível equivalente respectivamente a 33% e 22% da suplementação industrial são suficientes para manter o desempenho, a deposição tecidual de minerais, a qualidade da carne e apresentam a vantagem de reduzir consideravelmente a concentração de microminerais na cama em relação a suplementação inorgânica em nível industrial.

A suplementação de microminerais na forma de organominerais em níveis mais elevados (45 a 56% da suplementação em nível industrial) pode proporcionar uma melhora na deposição de cálcio e fósforo na tíbia dos animais.