

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

BRUNA HELENA CARVALHO PACHECO

Níveis dietéticos de zinco e manganês sobre o desempenho, disponibilidade e mineralização óssea de frangos de corte

Pirassununga

2012

BRUNA HELENA CARVALHO PACHECO

Níveis dietéticos de zinco e manganês sobre o desempenho, disponibilidade e mineralização óssea de frangos de corte
“Versão Corrigida”

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração:
Qualidade e Produtividade Animal

Orientador:
Prof. Dr. Douglas Emygdio de Faria

Pirassununga

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

P116n Pacheco, Bruna Helena Carvalho
Níveis dietéticos de zinco e manganês sobre o desempenho, disponibilidade, e mineralização óssea de frangos de corte / Bruna Helena Carvalho Pacheco. -- Pirassununga, 2012.
85 f.
Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.
Orientador: Prof. Dr. Douglas Emygdio de Faria.
1. Aves 2. Exigência 3. Mineral 4. Ossos. I. Título.

Ao meu filho Eduardo e a toda minha família.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Departamento de Zootecnia por oferecer o Curso de Pós-Graduação em Qualidade e Produtividade Animal;

Ao Professor Douglas Emygdio de Faria, meu orientador nos trabalhos, responsável pelo meu aprimoramento científico e crescimento profissional;

Aos Professores do ZAZ e ZAB pelos valiosos conhecimentos transmitidos;

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado;

Ao Laboratório de Avicultura, em especial, a Vanessa de Souza Nakagi e ao Cláudio da Silva, pelo valioso auxílio prestado;

Aos funcionários do ZAZ, do Abatedouro e da Fábrica de Rações, que contribuíram de alguma forma;

Aos responsáveis pelo Laboratório de Minerais de Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, pelas análises realizadas;

À empresa Multimix pelo fornecimento dos suplementos vitamínico-minerais utilizados;

Aos colegas do curso de Pós – Graduação que me apoiaram;

Ao meu filho Eduardo, que um dia terá a compreensão de minha ausência nos seus primeiros anos de vida;

Aos meus pais Silvana e Amadeu, pelo incentivo e apoio em toda a minha trajetória;

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento e reconhecimento.

“Algo só é impossível até que alguém
duvida e resolve provar o contrário.”

ALBERT EINSTEIN

RESUMO

PACHECO, B. H. C.. Níveis dietéticos de zinco e manganês sobre o desempenho, disponibilidade e mineralização óssea de frangos de corte. 2012. 85 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

Foram realizados dois experimentos com o objetivo de determinar a concentração de zinco e manganês na dieta de frangos de corte sobre as características de desempenho, disponibilidade e mineralização óssea, além da comparação de métodos para quantificar o grau de mineralização óssea. Em cada um dos experimentos foram distribuídos 320 pintinhos machos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito tratamentos e cinco repetições de oito aves cada. O diferencial existente entre o experimento um e dois está relacionado com o micromineral avaliado, sendo o zinco e o manganês, respectivamente. No experimento um, uma dieta foi sem inclusão de zinco e os níveis de inclusão de sulfato de zinco foram de 60 e 100mg/kg e de zinco metionina de 20, 40, 60, 80 e 100 mg/kg. No experimento dois, uma dieta foi sem inclusão de manganês e os níveis de inclusão de sulfato de manganês foram de 65 e 105 mg/kg e de manganês metionina de 25, 45, 65, 85 e 105 mg/kg. Em ambos experimentos, para determinar a disponibilidade, comparou-se uma dieta sem adição do micromineral com outras dietas com adição do micromineral, na fonte orgânica e inorgânica. Para determinar a exigência, somente os níveis dos microminerais na fonte orgânica foram comparados entre si. Os microminerais estudados (zinco e manganês) não interferiram no desempenho das aves independente do nível e fonte em que foram utilizados. Aos 38 dias, o zinco (60 e 100 mg/kg) e o manganês (105 mg/kg) orgânico foram excretados em menor quantidade em comparação com os mesmos minerais na fonte inorgânica. Sugerindo assim, uma melhor absorção do micromineral orgânico. Independente da fonte e nível utilizado, os microminerais estudados não interferiram nas características ósseas avaliadas (peso, comprimento e largura da tíbia, peso do tarso- metatarso e peso das falanges). Em ambos estudos, o grau de mineralização óssea aumentou conforme elevou-se a concentração de zinco ou de manganês na dieta, independente da fonte em que estes microminerais foram estudados. O método mais adequado para determinação do teor de zinco e de manganês é através da utilização de tíbias.

Palavras-chave: Aves. Exigência. Mineral. Ossos.

ABSTRACT

PACHECO, B. H. C. Levels of dietary zinc and manganese on performance, availability and bone mineralization of broilers. 2012. 85 f. Thesis (Doctorate) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

Two experiments were conducted with the objective of determining the concentration of zinc and manganese in the diet of poultry, the experiments were done on the performance, availability and bone mineralization, besides the comparison of methods to quantify the degree of bone mineralization. In each experiment 320 male chicks were distributed in a totally randomized and experimental design, with eight treatments and five replicates of eight birds each. The existing differential between experiment one and experiment two is related to the evaluated micro mineral (trace elements), being zinc and manganese respectively. In experiment one, one diet did not include zinc and the other diets included levels of zinc sulfate of 60 and 100 mg/kg, and of zinc methionine of 20, 40, 60, 80 and 100 mg/kg. In experiment two, one diet did not include manganese and the other diets included levels of manganese sulfate of 65 and 105 mg/kg, and of manganese methionine of 25, 45, 64, 85 and 105 mg/kg. In both experiments, to determine the availability, a diet without the addition of micro mineral was compared to other diets with the addition of the micro mineral in the organic and inorganic sources. To determine the requirement, only the levels of micro mineral in the organic source were compared among themselves. The studied micro mineral did not interfere on the poultry performance regardless the level and source in which they were used. At 38 days, the quantities of zinc (60 and 100 mg/kg) and manganese (105 mg/kg) excreted from an organic source were lower in comparison to the same minerals in an inorganic source. Thus suggesting a better absorption of the organic micro mineral. Regardless the used source and level, the studied micro minerals (zinc and manganese) did not interfere in the evaluated bone characteristics (weight, length and width of the tibia, the weight of the tarsus – metatarsus and the weight of the phalanges). In both studies the degree of bone mineralization increased in accordance with the increased concentration of zinc and manganese in the diet, regardless the source in which those micro minerals were studied. The most appropriate method for determining the zinc and the manganese content is through the use of tibia.

Key-words: Avian. Bones. Mineral. Requirement.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal das dietas experimentais nas fases de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade de frangos de corte, sem a suplementação do zinco.....	29
Tabela 2 - Indicação das dietas experimentais contendo zinco.....	29
Tabela 3 – Teor de zinco (mg/kg) contido nas dietas experimentais	30
Tabela 4 - Características de desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica na dieta	33
Tabela 5 - Teor de zinco presente nas amostras de água.....	34
Tabela 6 - Análises bromatológicas das excretas: matéria seca (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e energia bruta (kcal/kg) (valores expressos em 100% de matéria seca)	41
Tabela 7 - Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade	42
Tabela 8 - Equação de regressão da Tabela 7.....	42
Tabela 9 - Valores médios para as características de disponibilidade, conforme níveis de zinco orgânico nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade	43
Tabela 10 - Equação de regressão da Tabela 9.....	43
Tabela 11 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica na dieta.....	49
Tabela 12 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de zinco orgânico na dieta	49
Tabela 13 - Valores médios para o teor de zinco na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica na dieta	50
Tabela 14 - Valores médios para o teor de zinco na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de zinco orgânico na dieta.....	50
Tabela 15 - Equação de regressão das Tabelas 13 e 14.....	50

Tabela 16 - Comparação das diferentes metodologias avaliadas, conforme o nível de zinco orgânico e inorgânico recomendado nas dietas de frango de corte.....	51
Tabela 17 - Composição centesimal das dietas experimentais nas fases de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade de frangos de corte, sem a suplementação do manganês.....	58
Tabela 18 - Indicação das dietas experimentais contendo manganês.....	58
Tabela 19 - Teor de manganês (mg/kg) contido nas dietas experimentais.....	59
Tabela 20 - Características de desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica na dieta	61
Tabela 21 - Características de desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica na dieta	61
Tabela 22 - Teor de manganês presente nas amostras de água	62
Tabela 23 - Análises bromatológicas das excretas: matéria seca (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e energia bruta (kcal/kg) (valores expressos em 100% de matéria seca)	67
Tabela 24 - Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade	69
Tabela 25 - Equação de regressão da Tabela 24.....	69
Tabela 26 - Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de manganês orgânico nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade	70
Tabela 27 - Equação de regressão da Tabela 26.....	70
Tabela 28 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica na dieta.....	77
Tabela 29 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de manganês orgânico na dieta.....	77
Tabela 30 - Valores médios para o teor de manganês na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica na dieta	78
Tabela 31 - Valores médios para o teor de manganês na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica na dieta.....	78

Tabela 32 - Equação de regressão da Tabela 30.....78

Tabela 33 - Comparação das diferentes metodologias avaliadas, conforme o nível de manganês orgânico e inorgânico recomendado nas dietas de frango de corte79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC	Associação de Analistas Químicos Oficiais
BHT	Butil-Hidroxi-Tolueno
CA	Conversão alimentar
CDMn	Coeficiente de disponibilidade de manganês
CDZn	Coeficiente de disponibilidade de zinco
cm	Centímetro
CMS	Consumo de matéria seca
CR	Consumo de ração
CV	Coeficiente de variação
CMn	Consumo de manganês
CZn	Consumo de zinco
F	Falanges
FMVZ	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
FZEA	Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
g	Gramas
GP	Ganho de peso
kcal	Quilocaloria
kg	Quilograma
L	Litro
LQM	Limite de quantificação do método
m	Metro
met	Metionina
MnEA	Manganês excretado por ave
mg	Miligrama
µm	Micrômetro
Mn	Manganês
NRC	National Research Council
ns	Não significativo
P	Probabilidade
PC	Peso corporal
PI	Peso inicial

ppm	Partes por milhão
SAS	Statistical analysis system
TD	Tíbia direita
TDC	Tíbia direita comprimento
TDL	Tíbia direita largura
TDP	Tíbia direita peso
TDZnI	Tíbia direita zinco inorgânico
TDZnO	Tíbia direita zinco orgânico
TE	Tíbia esquerda
TEC	Tíbia esquerda comprimento
TEL	Tíbia esquerda largura
TEP	Tíbia esquerda peso
TEZnI	Tíbia esquerda zinco inorgânico
TEZnO	Tíbia esquerda zinco orgânico
TM	Tarso-metatarso
t	Tonelada
TSG	Tíbia sem gordura
TCG	Tíbia com gordura
USP	Universidade de São Paulo
VC	Viabilidade criatória
VIT	Vitamina
ZAZ	Departamento de Zootecnia
ZAB	Departamento de Ciências Básicas
Zn	Zinco
ZnEA	Zinco excretado por ave

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°	Graus
°C	Graus Celsius
=	Igual
>	Maior que
<	Menor que
±	Mais ou menos
®	Marca registrada

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivo geral	18
1.2 Objetivo específico	18
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Minerais	19
2.2 Zinco	20
2.3 Manganês.....	20
2.4 Métodos de avaliação da mineralização óssea em frangos de corte.....	21
2.5 REFERÊNCIAS	25
3. NÍVEIS DIETÉTICOS DE ZINCO SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE DE 1 A 42 DIAS DE IDADE.....	27
3.1 Introdução.....	27
3.2 Material e métodos	28
3.3 Resultados e discussão.....	31
3.4 Conclusão	34
3.5 REFERÊNCIAS	35
4. DISPONIBILIDADE DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE ZINCO PARA FRANGOS DE CORTE AOS 21 E 42 DIAS DE IDADE	38
4.1 Introdução.....	38
4.2 Material e métodos	39
4.3 Resultados e discussão.....	41
4.4 Conclusão	43
4.5 REFERÊNCIAS	44

5. EFEITO DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE ZINCO NA MINERALIZAÇÃO ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE	45
5.1 Introdução.....	45
5.2 Material e métodos	46
5.3 Resultados e discussão.....	48
5.4 Conclusão	52
5.5 REFERÊNCIAS	53
6. NÍVEIS DIETÉTICOS DE MANGANÊS SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE DE 1 A 42 DIAS DE IDADE	56
6.1 Introdução.....	56
6.2 Material e métodos	57
6.3 Resultados e discussão.....	60
6.4 Conclusão	62
6.5 REFERÊNCIAS	63
7. DISPONILIDADE DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE MANGANÊS PARA FRANGOS DE CORTE AOS 21 E 42 DIAS DE IDADE	65
7.1 Introdução.....	65
7.2 Material e métodos	66
7.3 Resultados e discussão.....	68
7.4 Conclusão	70
7.5 REFERÊNCIAS	71
8. EFEITO DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE MANGANÊS NA MINERALIZAÇÃO ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE	73
8.1 Introdução.....	73
8.2 Material e métodos	74

8.3 Resultados e discussão.....	76
8.4 Conclusão	80
8.5 REFERÊNCIAS	81
9. CONCLUSÕES.....	83
APÊNDICE	

1 INTRODUÇÃO

A avicultura destaca-se entre as atividades do setor agropecuário, com índices de produção em constante crescimento. A produção de carne de frango em 2010 foi de 12.312,3 mil t, sendo exportados 3.819,7 mil t e a disponibilidade interna foi de 8.492,6 mil t (68,98%). No ano de 2011, foram produzidos 12.863,2 mil t de carne de frango, aumentando cerca de 4,5% em relação a 2010. Exportou-se 3.942,6 mil t e a disponibilidade interna foi de 8.920,5 mil t. De acordo com a associação dos produtores de pintos de corte, o potencial de produção instalado no setor possibilitava produzir não menos que 13,1 mil t de carne de frango, 6,5% a mais que no ano anterior. Mas a forte crise enfrentada pelo frango no segundo trimestre de 2011 descapitalizou o setor, forçando a redução do ritmo produtivo (AVISITE, 2012).

O aumento na produção de carnes de frango foi consequência de avanços em genética, nutrição, sanidade e manejo, que elevaram os níveis de produtividade e desempenho (RIBEIRO et al., 2008). A atualização das exigências nutricionais na formulação das rações é necessária, em virtude do contínuo melhoramento genético das aves, que altera a produtividade e a manutenção das linhagens das aves, assim como a velocidade de crescimento, que pode variar com o sexo e a conformação dos frangos (cortes ou carcaças). A demanda nutricional é maior nas fases iniciais de crescimento (NAMAZU et al., 2008).

De modo geral, a literatura sobre a suplementação mineral das aves é escassa e, muitas vezes, baseada em conceitos obtidos em pesquisas realizadas nas décadas de 50 e 60. Atualmente os frangos possuem composição corporal diferenciada, além das possíveis diferenças entre os sexos nas exigências nutricionais, que não tem sido considerada nas tabelas (GOMES et al., 2008). Na prática comercial, a suplementação com minerais traços inorgânicos resultam em altos níveis de excreção mineral e estas altas taxas poluem o meio ambiente (BAO e CHOCT, 2009).

Devido ao rápido crescimento dos frangos, desordens metabólicas têm sido encontradas, afetando desempenho e lucro. Entre estas desordens, a mineralização óssea é uma das principais preocupações dos nutricionistas e veterinários de campo, desde claudicações, lento crescimento e perdas nos processos do coxim plantar. Considerando isto, existem testes que determinam precisamente a mineralização óssea, sendo uma ferramenta útil, para que estas desordens possam ser detectadas em estágios iniciais. No entanto, a avaliação da mineralização óssea, cinzas do osso da tíbia, é preciso, mas consome muito tempo e é raramente conduzido fora de pesquisas laboratoriais (GARCIA e DALE, 2004).

1.1 Objetivo geral

Estimar o nível ótimo e a biodisponibilidade dos microminerais estudados sobre as características de desempenho, disponibilidade e mineralização óssea de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade.

1.2 Objetivos específicos

a) Determinar a concentração ótima de zinco e manganês na dieta de frangos de corte sobre as características de desempenho, disponibilidade e mineralização óssea;

b) Estabelecer a exigência de zinco e de manganês para frangos de 1 a 42 dias de idade;

c) Comparar métodos para quantificar o grau de mineralização óssea (da tíbia, do tarso-metatarso e das falanges), avaliar a confiabilidade do teste, tempo de execução e o efeito da extração da gordura na determinação dessas características.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Minerais

Os minerais atuam em muitos processos metabólicos por todo o corpo e são essenciais para o crescimento e desenvolvimento de todos os animais (NOLLET et al., 2007). A indústria alimentícia tem aumentado o uso de suplementação de minerais traços orgânicos durante os últimos dez anos, devido a deficiência mineral encontrada em alguns alimentos. A característica química da fonte testada e o critério usado na biodisponibilidade podem explicar as discrepâncias na biodisponibilidade relativa estimada entre as informações em pesquisas (HUANG et al., 2009).

Ultimamente a escolha pelo uso de minerais orgânicos versus inorgânicos é uma economia obviamente relatada para o custo benefício. Minerais quelatados ou complexados são normalmente mais caros do que os minerais inorgânicos, e às vezes um melhor desempenho é esperado das aves, pois aumentam a absorção ou melhoram muito o caminho da sua utilização. É difícil racionalizar o custo do mineral quelatado baseado somente na melhor absorção intestinal. Para ser determinado como economicamente viável, o mineral orgânico usado deve dobrar o nível de absorção, apresentando uma diferença de até 50% em relação ao inorgânico. Contudo, existem limitações nos níveis de alguns minerais usados, visto a possibilidade de potente efeito negativo de absorção e utilização de outros minerais e nutrientes (LEESON e SUMMERS, 2005). As características químicas são consideradas importantes na precisão da biodisponibilidade do quelato e complexo metálico (HUANG et al., 2009).

Os microminerais são essenciais para a atividade fisiológica dos animais, ainda que em pequenas concentrações nas dietas e, normalmente, suas exigências são determinadas usando dietas purificadas, o que pode não refletir a real necessidade dos animais. De modo geral, a suplementação de microminerais aos animais é feita utilizando formas salinas inorgânicas simples com biodisponibilidades diferentes, o que explica o fato de suplementos minerais com os mesmos níveis nutricionais promoverem resultados de desempenho diferentes (GOMES et al., 2008).

2.2 Zinco

O zinco é um mineral traço essencial para as aves, atuando no sistema enzimático, síntese de proteína, metabolismo de carboidrato, requerido para o crescimento normal, reprodução e desenvolvimento glandular das aves. Uma severa deficiência de zinco ocasiona numerosas causas físicas e patológicas incluindo lesões de pele, redução do crescimento, deficiência geral nos ossos e nas juntas, piora o empenamento, fracasso reprodutivo, e redução da imunidade para infecção de doenças severas. O zinco se associa a cicatrização de ferimento porque tem o papel de síntese de colágeno e queratina. Todas as proliferações celulares, incluindo células inflamatórias, células epiteliais, e fibroblastos, requerem este micromineral (SALIM, H. M.; CHEORUN, J. O.; LEE, B. D., 2008). Segundo esses autores, o zinco é um elemento essencial para mais de 20 metaloenzimas e afeta sua conformidade, estabilidade e atividade. A desmutase superoxidase é uma enzima antioxidante que contém zinco, tendo um papel crítico na desarmonia da saúde da pele, aumentando o tempo de vida da carne de frango na prateleira. Contudo, uma clara apreciação do papel deste elemento na produção de frango ainda é limitado.

Outras funções atribuídas ao zinco são proteção de membranas, efeito antioxidante que protege os grupos sulfidrilas nas membranas, metabolismo de prostaglandinas e metabolismo de lipídeos (GOMES et al., 2008).

Huang et al. (2007) conduziram um experimento para estimar o nível ótimo de zinco (0, 20, 40, 60, 80, 120 ou 140 mg/kg) de ração para pintinhos com 21 dias de idade e estimaram como ótimo 84 mg de Zn/kg, nível este superior ao sugerido por Rostagno et al. (2011) que estimaram 65 mg de Zn/kg de ração.

2.3 Manganês

O manganês é um elemento traço essencial para os animais, com particular importância para o rápido crescimento das aves. Estudos recentes têm dedicado uma maior atenção da eficácia dos elementos traços na forma orgânica (LU et al., 2006).

Sunder et al. (2006) ao avaliarem a influência dos níveis de manganês (0, 100, 400, 800, 1600 ou 3200 mg/kg) na dieta de frangos de corte dos 8 aos 28 dias de idade, relataram que a suplementação até o nível de 100 mg/kg de manganês foi essencial para pernas saudáveis, melhor retenção de cálcio, fósforo e zinco nos ossos junto com melhor resposta

imune. Os resultados indicaram que a suplementação de manganês de 0 a 800 mg/kg não influenciaram o ganho de peso ou o consumo de ração, mas houve significativa depressão em ambos parâmetros nos níveis de 1600 e 3200 mg/kg. A eficiência da conversão alimentar não foi influenciada pelos níveis de manganês na dieta. Níveis acima de 1600 mg/kg de manganês ou a não suplementação aumentou a contagem de anomalias nas pernas. Níveis acima de 400 mg/kg de manganês diminuíram significativamente a retenção de cálcio, fósforo e zinco na tíbia, conforme foi relacionado com escores mais elevados na perna. Um aumento linear no conteúdo de manganês nos ossos, rim, fígado e pâncreas foram noticiados conforme aumentou a inclusão de manganês na alimentação.

Estudando o efeito da suplementação de níveis de manganês (0, 100, 200, 400, 800 ou 1600 mg/kg) no desempenho e na biodisponibilidade para frangos de corte dos 6 aos 35 dias de idade, Sunder et al., (2007) observaram que não houve influência no ganho de peso, conversão alimentar, peso dos miúdos (fígado, rins e pâncreas) e peso da gordura abdominal das aves que receberam dietas nas concentrações de 0 a 800 mg/kg de manganês. Contudo, com o aumento para suplementação de 1600 mg/kg de manganês, foi notado uma redução do crescimento, da taxa de conversão alimentar e rendimento de carcaça. A retenção de manganês na tíbia revelou a presença de uma relação linear entre manganês ingerido pelas aves e absorvido pelos ossos, porém esse aumento na deposição de manganês não alterou o peso da tíbia ou a porcentagem total de cinzas. A absorção de manganês pelos tecidos do fígado, rim e pâncreas também aumentou linearmente com o nível de inclusão na alimentação, sendo maior a absorção no rim do que no fígado ou no pâncreas. Embora, a suplementação de zinco nas dietas terem sido uniformes, o nível de manganês na dieta influenciou positivamente a retenção de zinco nos ossos. Os autores sugeriram que a suplementação até 800 mg/kg não tem adicionado vantagem no desempenho do frango ou no aumento da biodisponibilidade e que a suplementação de 1600 mg/kg não foi desejável.

2.4 Métodos de avaliação da mineralização óssea em frangos de corte

Desde 1855, Fremy apud Garcia e Dale (2006) conduziram estudos para determinar o conteúdo de cinzas ósseas em numerosas espécies animais, sendo essa determinação da cinza óssea a melhor técnica estabelecida para descrever anormalidades esqueléticas, bem antes de surgir como uma medida para quantificar a mineralização óssea nas aves. Embora as cinzas dos ossos da tíbia terem sido utilizadas para muitas pesquisas por quase um século, não

demonstrou ser um método superior ou mais simples e um procedimento rápido quando comparada a uma série de estudos conduzidos para refinar o teste das cinzas dos pés. Estes estudos promoveram sucesso e confiança no grau de mineralização óssea nas aves, mostrando ser especial no diagnóstico de problemas na perna. As pontas ou cabeças dos ossos são as porções mais sensíveis nas diferenças da mineralização porque incluem o platô do crescimento (GARCIA e DALE, 2006).

Garcia e Dale (2004) avaliaram a rapidez e a acurácia de um método como ferramenta para diagnosticar a mineralização óssea. As cinzas do pé foram comparadas com as cinzas do osso da tíbia em aves alimentadas com dietas com níveis de fósforo indo do deficiente para o adequado (0,25; 0,30; 0,35 e 0,40 %). Na determinação da cinza do pé, esse foi rompido da junção tibiotarsal, seco a 105°C e queimado a 600°C. O coeficiente de correlação entre a avaliação do fósforo e ambas as cinzas dos pés e da tíbia foram semelhantes ($r = 0,77$ e $0,78$, respectivamente), apresentando uma maior rapidez nos testes e fornecendo dados confiáveis. Detectou-se diferença nas cinzas dos pés das aves aos 4 dias de idade ($n = 10$) em qualquer uma das concentrações de fósforo, normal (0,45%) ou deficiente (0,25%) a porcentagem de cinza dos pés foi 12,96% e 9,91%, respectivamente. Nas aves alimentadas com fósforo adequado nas dietas, a porcentagem de cinzas nos pés aumentou de 14-15% nas aves aos 10 dias de idade. O tamanho da amostra pode ser reduzido para 6 pés por um teste estatístico com 95% de confiança e ainda assim estar acima dos 90%. O tempo estimado para o processo completo foi de 40 horas, podendo permitir aos nutricionistas tomarem decisões rapidamente. Estes resultados demonstraram que este método de cinza do pé pode ser usado como uma ferramenta diagnóstica de avaliação para confirmar a presença de desordens de mineralização óssea quando o fósforo é um problema.

Três estudos foram conduzidos por Garcia e Dale (2006) para avaliar cinzas dos pés como um método alternativo para quantificar o grau de mineralização óssea em frangos de corte. No experimento 1, o objetivo foi avaliar se o grau de mineralização óssea refletiria nas cinzas dos pés de frangos com 14 dias de idade. As aves que receberam diferentes concentrações (0,24; 0,32 e 0,40 %) de fósforo na dieta demonstraram significantes diferenças nas cinzas dos pés (10,93; 13,46 e 15,45%, respectivamente). No experimento 2, foi determinado o tempo de 40 horas para secagem da amostra dos pés para uma constante de 105°C. No experimento 3, os objetivos foram comparar as respostas da mineralização óssea refletidas das dietas com níveis de fósforo nas cinzas dos pés e nas cinzas dos ossos da tíbia e para avaliar o efeito da extração da gordura na determinação desses parâmetros. Os frangos

foram alimentados com níveis graduais de fósforo (0,25; 0,30; 0,35 e 0,40%) de 1 a 14 dias de idade. Respostas com diferenças significativas entre os níveis das dietas de fósforo não foram detectadas em nenhum dos métodos usados. Uma resposta linear foi observada entre a dieta de fósforo e porcentagem de extração ou não extração de gordura das cinzas da tíbia e do pé, com coeficiente de determinação acima de 90% para todos os quatro testes usados. Os resultados confirmaram que os níveis de fósforo na dieta afetaram a mineralização óssea e o grau de mineralização teve reflexo confiável pelas cinzas do pé. O teste foi confiável como as cinzas do osso da tíbia refletindo no grau de mineralização óssea em aves durante os primeiros 14 dias de idade. A extração de gordura não afetou a confiabilidade em qualquer um dos dois testes.

Yan et al. (2005) compararam vários métodos alternativos de avaliação da mineralização óssea em frangos jovens (0 a 21 dias). Frangos machos de linhagem comercial foram alimentados com dietas variando desde o déficit ao excesso de fósforo suplementar (0,05; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30 e 0,33%). Com 21 dias, todas as aves sobreviventes foram abatidas. De cada ave, os dedos foram removidos da perna direita, e o pé (da junção tibiotarsal) foi removido da perna esquerda. Depois da secagem, elas foram queimadas sem a extração lipídica. Tibias da perna direita foram retiradas e submetidas a extração lipídica antes de serem incineradas; as tíbias da perna esquerda foram queimadas sem a extração lipídica. O requerimento de fósforo estimado pela regressão não linear usando cada uma das medidas resultou em valores similares. A alta correlação existente entre cada uma das medidas alternativas e valores para tíbias extraídas, com cinzas de tíbia não extraída parecem ter alta relação ($R^2=0,95$) seguida da cinza do pé ($R^2=0,92$) e cinza do dedo ($R^2=0,88$). Considerações usando estes métodos alternativos são de maior valor na matéria orgânica queimada em incineração, criando problemas alarmantes em sistemas laboratoriais, possíveis diferenças no metabolismo lipídico dividida para nutrição, doenças, ou outros fatores, e um efeito da idade do pintinho. De acordo com os mesmos, o uso da não extração lipídica dos dedos, pés, ou tíbias como uma média estimando a mineralização óssea em frangos jovens tiveram resultados comparáveis ao uso da extração lipídica das tíbias; apresentaram maior rapidez na avaliação dos fatores que influenciam a mineralização óssea durante estudos envolvendo a biodisponibilidade das fontes de fósforo, eficácia de várias fontes e níveis de fitase; e não apresentando dados em relação ao efeito da idade do pintinho nas metodologias alternativas para a calcificação óssea.

Segundo Garcia e Dale (2006), é obvio que o uso da secagem do pé inteiro constitui

em um teste mais rápido do que secar, limpar e extrair a gordura da tibia. Os autores acreditam que resta questionar se possíveis diferenças ao introduzir a pele, escamas, carne e gordura no teste das cinzas dos pés, se os resultados são aceitáveis.

2.5 REFERÊNCIAS

AVISITE. **O Portal da avicultura na internet**. Disponível em:

<<http://www.avisite.com.br/economia/estatistica.asp?acao=carnefrango>>. Acesso em: 02 mar. 2012.

BAO, Y. M.; CHOCT, M. Trace mineral nutrition for broiler chickens and prospects of application of organically complexed trace mineral: a review. **Animal Production Science**, Victoria, Australia., v. 49, p.269-282, 2009.

GARCIA, A. R.; DALE, N. Foot ash as a means of quantifying bone mineralization in chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 15, p.103-109, 2006.

GARCIA, A. R.; DALE, N. Foot ash as an effective diagnostic tool to evaluate bone mineralization problems in broiler chickens. In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM, 2004. **Abstracts...** Georgia: University of Georgia, 2004.

GOMES, P. C. et al. Exigências nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.79-83, 2008.

HUANG, Y. L. et al. An optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p. 2582-2589, 2007.

HUANG, Y. L. et al. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p.2038-2046, 2009.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 3.ed. Guelph: University Books, 2005. 398p.

LU, L et al. The effect of supplemental manganese in broiler diets on abdominal fat deposition and meat quality. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.129, p.49-59, 2006.

NAMAZU, L. B. et al. Lisina digestível e zinco quelato para frangos de corte machos: desempenho e retenção de nitrogênio na fase pré-inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.9, p.1634-1640, 2008.

NOLLET, L. et al. The effect of replacing inorganic with organic trace minerals in broiler diets on productive performance and mineral excretion. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.16, p. 592-597, 2007.

RIBEIRO, A. M. L. R. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.4, p.636-644, 2008.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252p.

SALIM, H. M.; CHEORUN, J. O.; LEE, B. D. Zinc in broiler feeding and nutrition. **Avian Biology Research**, Herts, England, v.1, n.1, p.5-8, 2008.

SUNDER, G. S. et al. Effect of supplemental manganese on mineral uptake by tissues and immune response in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.43, p.371-377, 2006.

SUNDER, G. S. et al. Effect of graded levels of manganese supplementation on performance and its bio-availability in broiler chicken. **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, India, v.77, n.7, p.621-623, 2007.

YAN, F. et al. Comparison of methods to evaluate bone mineralization. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.14, p.492-498, 2005.

3 NÍVEIS DIETÉTICOS DE ZINCO SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE DE 1 A 42 DIAS DE IDADE

3.1 Introdução

As exigências nutricionais das aves diferem entre as fases de criação e o sexo, sendo que normalmente ocorre redução da necessidade dos nutrientes com o avanço da idade. Com os minerais não tem sido diferente, sendo importante o desenvolvimento de pesquisas visando determinar o que realmente é necessário para o melhor desenvolvimento animal e para evitar contaminação excessiva do ambiente, além dos custos adicionais decorrentes da suplementação mineral inadequada (GOMES et al., 2009).

As deficiências de microminerais representam um grande impasse para a produção animal, pois podem não apresentar sintomas evidentes e ocorrem normalmente em consequência de um consumo inadequado de ração, com quantidades inferiores à necessária, ou pela presença de antagonistas na dieta, que pode interferir a absorção e utilização dos minerais pelo organismo. Os minerais inorgânicos são comumente utilizados nas rações, já que atendem as exigências nutricionais quantitativas dos animais (SECHINATO et al., 2006). No entanto, a utilização de minerais orgânicos vem sendo bastante pesquisada, pois esses apresentam uma maior biodisponibilidade, são transportados mais facilmente e armazenados por mais tempo que os correspondentes inorgânicos (MAIORKA e MACARI, 2002).

O Zn é um mineral traço essencial para as aves, participando ativamente da elaboração do sistema enzimático e envolvendo a síntese de proteína, metabolismo de carboidratos, além de outras reações bioquímicas, estando relacionado à ativação de cerca de 300 enzimas no corpo, sendo considerado essencial para diversas funções no organismo, tais como: divisão celular, síntese de DNA e proteína, crescimento de tecidos, produção de prostaglandina, mineralização óssea, reprodução e desenvolvimento glandular das aves (CHENG et al., 1998). As proliferações celulares, inclusive células inflamatórias, epiteliais e fibroblastos, são dependentes de zinco que ratifica sua importância na resposta imunológica e saúde das aves (SALIM, H. M.; CHEORUN, J. O.; LEE, B. D., 2008). Segundo Leeson e Summers (2001), tanto a deficiência como o excesso de Zn estão associados com a anorexia.

Com base neste cenário, como a literatura ainda é muito controversa a respeito do uso dos minerais quelatados, a presente proposta deteve-se em determinar a concentração ótima de zinco em relação as características de desempenho e estabelecer a exigência desse micromineral na forma orgânica para frangos de 1 a 42 dias de idade.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, *Campus* de Pirassununga, São Paulo. O período experimental foi de 10/08/2010 a 21/09/2010.

Foram distribuídos 320 pintinhos machos da linhagem Cobb-500 do 1° ao 42° dia de idade. As aves foram alojadas em 40 gaiolas metabólicas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5m) com bebedouro automático tipo “nipple” reguláveis, comedouro tipo calha e bandeja para colheita de excretas. A unidade experimental foi constituída por oito aves até 21 dias de idade e por seis aves até 42 dias de idade.

A dieta referência foi à base de milho e farelo de soja (Tabela 1). As dietas testes receberam a inclusão do micromineral e foram baseadas em Rostagno et al. (2005) para frangos de corte com desempenho médio. Os fatores em questão foram níveis de zinco, na fonte orgânica e inorgânica, em dietas isocalóricas e isoprotéicas para cada uma das fases.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em concentrações formuladas, adicionando-se níveis crescentes de sulfato de zinco ($ZnSO_4$ (35% Zn) - Zn inorgânico) e de zinco metionina (Zinpro[®] (10% Zn) - Zn orgânico), como indicado na Tabela 2. Das dietas foram analisadas matéria seca à 105°C, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, seguindo-se os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de zinco contido nas dietas, através da análise de espectrofotometria de absorção atômica, equipamento da marca Perkin Elmer – AAS 100, seguindo a metodologia da AOAC (1996) (Tabela 3).

As aves receberam alimento e água *ad libitum* e o mesmo manejo durante todo o período experimental. O programa de luz adotado durante o experimento foi contínuo (24 horas de luz). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por termohigrômetro, alocados a altura intermediária das gaiolas. As temperaturas médias (máxima e mínima) foram registradas em $31,61 \pm 1,95$ e $24,43 \pm 2,25$ °C, respectivamente. Os valores médios obtidos para umidade relativa do ar foram de $29,26 \pm 7,27$ % a máxima e de $22,20 \pm 3,47$ % a mínima.

Tabela 1 – Composição centesimal das dietas experimentais nas fases de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade de frangos de corte, sem a suplementação do zinco

Ingredientes	Fases Experimentais (dias)	
	1 a 21	22 a 42
Milho Grão	53,09	61,96
Farelo de Soja	37,63	30,77
Óleo de Soja	3,10	3,31
Fosfato Bicalcico	1,94	1,65
Calcário Calcítico	0,93	0,85
Sal comum	0,41	0,37
DL-metionina	0,36	0,23
L-Lisina HCL	0,33	0,20
Bicarbonato de Sódio	0,15	0,15
L-Treonina	0,14	0,05
Cloreto de Colina	0,05	0,05
Suplemento mineral vitamínico (sem Zn) ¹	0,40	0,40
Butil-Hidróxi-Tolueno (BHT)	0,01	0,01
Inerte	1,46	-
TOTAL	100,00	100,00
Composição Calculada		
Proteína Bruta (%)	22,04	19,41
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2,95	3,10
Extrato Etéreo (%)	5,59	6,02
Cálcio (%)	0,94	0,82
Fósforo disponível (%)	0,47	0,41
Sódio (%)	0,22	0,20
Cloro (%)	0,29	0,26
Potássio (%)	0,84	0,74
Lisina digestível (%)	1,33	1,07
Metionina + cistina digestível (%)	0,94	0,77
Metionina digestível (%)	0,66	0,51
Treonina digestível (%)	0,86	0,70
Triptofano digestível (%)	0,24	0,21
Zinco (mg/kg)	33,00	31,75

¹Suplemento mineral vitamínico (sem Zn). Níveis de garantia por kg do produto: Ferro:12,50g; Manganês: 17,50g; Zinco: 0,00g; Cobre: 2.000,00mg; Iodo: 300,00mg; Selênio: 50,00mg; VIT A: 1.750.000,00UI; VIT D3: 550.000,00UI, VIT E:2.750,00; VIT K3: 400,00mg; VIT B1: 500,00mg; VIT B2: 1.250,00mg; VIT B6: 750,00mg; VIT B12: 3.000,00mcg; Colina: 78,12g; Niacina: 8.750,00mg; Ac. Pantotênico: 3.250,00mg; Ac. Fólico: 200,00mg; BHT: 25,00g; Virginiamicina: 2.500,00 mg; Monensina: 25,00g.

Tabela 2 - Indicação das dietas experimentais contendo zinco

Tratamentos	Micromineral	Nível de inclusão (mg/kg)
1	Sem Zn	0
2	Zn inorgânico	60
3	Zn inorgânico	100
4	Zn orgânico	20
5	Zn orgânico	40
6	Zn orgânico	60
7	Zn orgânico	80
8	Zn orgânico	100

Tabela 3 – Teor de zinco (mg/kg) contido nas dietas experimentais

Tratamentos	21 dias de idade	42 dias de idade
1	33,00	31,75
2	78,00	95,50
3	153,00	126,00
4	48,50	68,75
5	89,75	85,00
6	106,00	101,25
7	136,75	137,00
8	182,25	153,00

No incubatório, as aves receberam a vacina contra Marek, ao nascimento e no 7º dia de idade, as aves foram submetidas à vacinação ocular contra as doenças de NewCastle e Gumboro (Biovet®).

Para a avaliação do desempenho animal, as aves foram pesadas no início do período experimental e semanalmente para determinação do ganho de peso. O consumo de ração foi calculado considerando a quantidade de ração fornecida, as sobras nos comedouros e os desperdícios. A conversão alimentar foi calculada pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso das aves. A viabilidade das aves foi calculada pelo número de aves vivas no início do período menos a mortalidade do período. O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado através da fórmula abaixo:

$$\text{IEP} = [(\text{GPD} \times \text{VC}) / (\text{CA} \times 10)]$$

Onde:

GPD: Ganho de peso diário (g)

VC: Viabilidade criatória (%)

CA: Conversão alimentar (g/g)

No primeiro e no último dia do período experimental, foram colhidas amostras de água do bebedouro “nipple”, em um frasco plástico fornecido pelo Laboratório OIKOS Controle Ambiental Ltda., localizado em Pirassununga/SP, para análise dos teores de zinco.

O desempenho foi analisado de acordo com o método Slope Ratio descrito por Sakomura e Rostagno (2007), no qual foi comparado um tratamento sem zinco, com outros dois tratamentos com níveis de zinco inorgânico (60 e 100 mg/kg) e mais outros dois tratamentos com níveis de zinco orgânico (60 e 100 mg/kg). Para determinação da exigência, comparou-se somente os níveis do mineral na fonte orgânica, sendo níveis de zinco metionina (20, 40, 60, 80 e 100 mg/kg).

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SAS (2004) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3 Resultados e discussão

Não houve efeito significativo dos níveis de zinco ($P>0,05$) nas características de desempenho avaliadas (consumo de ração, peso corporal, conversão alimentar, ganho de peso e viabilidade criatória) semanalmente nas fases de 1 a 7, 8 a 14, 15 a 21, 22 a 28, 29 a 35 e 36 a 42 dias de idade das aves (Apêndice A) e nos períodos totais de 1 a 21 e de 22 a 42 e 1 a 42 dias (Tabela 4). Resultados semelhantes foram obtidos por Underwood (1977); Leeson e Summers (1982); Bertechini et al. (1992); Nobre et al. (1993); Bartlett e Smith (2003); Gomes et al. (2009); Huang et al. (2009).

Discordando de Swinkel et al. (1994) cujo trabalho obteve resultados onde as dietas com pouco zinco reduziu o apetite das aves e de Burrell et al. (2004) em que acréscimos progressivos de zinco na dieta basal aumentou significativamente o ganho de peso de frangos de corte, mas não afetou a conversão alimentar ou mortalidade. O ganho de peso ideal foi alcançado a 80 mg de Zn/kg, que excede as recomendações de Rostagno et al. (2011) de 65 mg/kg. Sugere-se que os níveis de zinco do presente estudo aparentemente, não limitaram a ingestão de alimentos ou ganho de peso.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de zinco da ração para o índice de eficiência produtiva dos frangos de corte aos 42 dias de idade (Tabela 4). Devido ao fato dos níveis e das fontes (orgânica e inorgânica) de zinco não terem influenciado as características de maior interesse econômico (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), os níveis de zinco de 25 a 30 mg/kg, normalmente presentes em dietas práticas à base de milho e farelo de soja, são suficientes para o desempenho das aves, dispensando a suplementação desse mineral em rações para frangos de corte. De acordo com a afirmação de Gomes et al. (2009) que dispensaram a suplementação desse mineral em rações para frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade.

Assim, as características de desempenho, principalmente o ganho de peso, pode não ser um bom índice de exigência de zinco quando uma dieta à base de milho e farelo de soja for empregada, sendo que outros critérios devem ser escolhidos para avaliar tal exigência.

Apesar de não ter sido apresentado efeito dos níveis de zinco sobre a biodisponibilidade, segundo Kiefer (2005), os resultados do uso de minerais quelatados têm sido promissores, embora alguns trabalhos não apresentem respostas diferentes daquela proporcionada quando se fornece em maior concentração, o elemento mineral na forma inorgânica. A maior biodisponibilidade dos minerais na forma quelatada possibilita a redução do nível de inclusão dos minerais, minimizando o impacto ambiental dos dejetos. Contudo, o uso de fontes quelatadas ou orgânicas ainda é limitada devido ao seu custo elevado, o que onera o custo da fração mineral das dietas.

O teor de zinco contido nas dietas sem suplementação de micromineral, no presente estudo aos 21 e aos 42 dias de idade das aves foram de 33,00 mg/kg e de 31,75 mg/kg, respectivamente, sendo inferior aos níveis sugeridos pelo NRC (1994) de 40 mg/kg, por Rostagno et al. (2005) de 60 mg/kg e Rostagno et al. (2011) de 65 mg/kg.

Tabela 4 – Características de desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica na dieta

Variável	Zinco (mg/kg)								CV (%)	Nível de Significância
	0	Inorgânico		Orgânico						
		60	100	20	40	60	80	100		
1 dia de idade										
PI (g)	45,20	45,20	45,20	45,20	45,20	45,20	45,00	45,60	1,97	ns
1 a 21 dias de idade										
PC (g)	886,04	874,70	901,09	870,43	885,27	888,43	903,27	923,75	3,88	ns
CR (g)	1145,57	1118,74	1144,36	1112,30	1151,01	1126,02	1125,18	1162,28	4,17	ns
GP (g)	840,84	829,48	855,89	825,23	840,07	843,23	858,27	878,15	4,10	ns
CA (g/g)	1,36	1,35	1,34	1,35	1,37	1,33	1,31	1,32	5,62	ns
VC (%)	100,00	97,50	97,50	97,50	92,50	97,50	97,50	97,50	1,78	ns
22 a 42 dias de idade										
PC (g)	2314,67	2398,74	2378,51	2397,57	2394,05	2359,68	2381,11	2434,70	5,75	ns
CR (g)	2860,00	2963,87	2954,15	3028,97	3046,41	2908,51	2991,52	2977,03	4,08	ns
GP (g)	1428,63	1524,04	1477,42	1527,14	1508,78	1471,25	1477,84	1510,95	4,91	ns
CA (g/g)	2,00	1,94	2,00	1,98	2,02	1,98	2,02	1,97	7,59	ns
VC (%)	100,00	100,00	96,67	96,67	96,67	100,00	96,63	93,33	2,03	ns
1 a 42 dias de idade										
PC (g)	2314,67	2398,74	2378,51	2397,57	2394,05	2359,68	2381,11	2434,70	5,75	ns
CR (g)	4005,57	4082,61	4098,51	4141,27	4197,42	4034,53	4116,70	4139,31	4,53	ns
GP (g)	2269,47	2353,54	2333,31	2352,37	2348,85	2314,48	2336,11	2389,10	6,01	ns
CA (g/g)	1,76	1,73	1,76	1,76	1,79	1,74	1,76	1,73	3,98	ns
VC (%)	100,00	97,50	94,16	94,16	89,17	97,50	94,16	90,83	1,42	ns
IEP (%)	307,04	315,83	297,25	299,65	278,62	308,81	297,57	298,64	3,42	ns

PI (g) - Peso inicial; PC (g) - Peso corporal; CR (g) - Consumo de ração; GP (g) - Ganho de peso; CA (g/g) - Conversão alimentar; VC (%) - Viabilidade criatória; IEP (%) - Índice de eficiência produtiva.

CV(%) - Coeficiente de variação; ns - Efeito não significativo.

Análise da Água

Os valores referentes aos níveis de zinco presentes nas amostras de água colhidas no primeiro (amostra 1) e no 42º dia (amostra 2) do período experimental estão apresentados na Tabela 5. A metodologia de ensaio utilizada foi o Zincon Method e o aparelho utilizado foi o SMEWW 3500 ZnB.

Tabela 5 - Teor de zinco presente nas amostras de água

Amostras	Unidade	LQM	Teor
1	mg/L	0,05	< 0,05
2	mg/L	0,05	< 0,05

LQM: Limite de Quantificação do Método.

O teor de zinco apresentado na água consumida pelas aves não interferiu nos níveis das dietas oferecidas aos frangos de corte. De acordo com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, na tabela de padrão organoléptico de potabilidade, o valor máximo de zinco permitido é de 5 mg/L (BRASIL, 2011).

3.4 Conclusão

Os resultados obtidos com o tratamento controle, sem adição de zinco, atendem as necessidades para desempenho de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade nas condições deste estudo. Contudo, as condições comerciais de exploração zootécnica são muito competitivas para as aves, justificando a utilização de níveis mais elevados do que 33 mg/kg e 31,75 mg/kg.

3.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 11.ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1996. 1051 p.

BARTLETT, J. R.; SMITH, M. O. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p.1580-1588, 2003.

BERTECHINI, A.G.; HOSSAIN, S. M.; NOBRE, P. T. Efeito de vários níveis de zinco no desempenho e composição mineral do tecido em frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.324.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção I, p.39 a 46.

BURRELL, A. L. et al. Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in relation to environmental implications. **British Poultry Science**, London, v.45, n.2, p.255-263, 2004.

CHENG, J.; KORNEGAY, E. T.; SCHELL, T. Influence of dietary lysine on the utilization of zinc from zinc sulphate and zinclysine complex by young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.76, p.1064-1074. 1998.

GOMES, P. C. et al. Níveis nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, v. 9, p.1719-1725, 2009.

HUANG, Y. L. et al. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p.2038-2046, 2009.

KIEFER, C.. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.2, n.3, p.206-220, 2005.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. Effect of high dietary levels of supplemental zinc, manganese, copper or iron on broiler performance to three weeks of age and accumulation of these minerals in tissue and excreta. **Nutrition Reports International**, Los Altos, California, US., v.25, p.591-599, 1982.

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

MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. cap.13, p. 167-173.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy Press., 1994. 155p.

NOBRE, P. T. C. **Exigência e biodisponibilidade de fontes inorgânicas de manganês para frangos de corte**. 1993. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SALIM, H. M.; CHEORUN, J. O.; LEE, B. D. Zinc in broiler feeding and nutrition. **Avian Biology Research**, Herts, England., v.1, n.1, p.5-8, 2008.

SAS. STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **User's guide: statistic**. 12. ed. New York: SCOTT, M.L. & Associates, 2004. 1686 p.

SECHINATO, A. S.; ALBUQUERQUE, R.; NAKADA, S. Efeito da suplementação dietética com micro minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 159-166, 2006.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C.. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SWINKELS, J. W., KORNEGAY, E. T.; VERSTEGEN, M. W. Biology of zinc and biological value of dietary organic zinc complexes and chelates. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.7, p.129–149, 1994.

UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 4.ed. New York: Academic Press, 1977. 545p.

4 DISPONIBILIDADE DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE ZINCO PARA FRANGOS DE CORTE AOS 17 E 38 DIAS DE IDADE

4.1 Introdução

A avicultura de corte é um dos segmentos da agropecuária que apresentou os maiores avanços tecnológicos entre as criações animais. Atualmente, fornece grande parte da proteína animal consumida em vários países. Dentro do contexto nutricional, a suplementação de microminerais em rações para aves frequentemente é feita em quantidades superiores às exigidas na tentativa de assegurar o bom desempenho das aves. Isso ocorre, na maioria das vezes, pelo desconhecimento do nutricionista quanto a real exigência das aves e esses excessos na suplementação geram maiores volumes de resíduos nas excretas, principalmente em áreas de maior concentração animal, podendo levar ao desequilíbrio ambiental (GOMES et al., 2009).

Os minerais inorgânicos podem apresentar maior dificuldade de absorção, já que esse processo envolve a ionização no estômago e ligação a aminoácidos ou proteínas livres no estômago ou intestino e podem ocorrer perdas em reações com compostos insolúveis ou devido ao antagonismo, competição entre diferentes minerais e por um mesmo sítio de absorção, o que caracteriza a susceptibilidade das condições variáveis internas que podem impedir que ocorra a absorção (PAIK, 2001). Os minerais quelatados são alternativos ao uso de inorgânicos, caracterizados por serem minerais ligados a moléculas orgânicas, sendo geralmente aminoácidos, e em menor frequência carboidratos e proteínas, tendo como principal objetivo tornar os minerais (íons metálicos) mais disponíveis aos animais e prontamente utilizáveis, o que garante uma melhor absorção (LEE et al., 2001).

O zinco na forma inorgânica é pouco absorvido, sendo eliminado em grande proporção pelas excretas. Por outro lado, na forma orgânica, esse mineral está protegido do ácido clorídrico, passa para o duodeno, onde é eficientemente absorvido pelas células da mucosa. Os complexos orgânicos são prontamente absorvidos para a corrente sanguínea, tornando-os altamente biodisponíveis às necessidades orgânicas e funcionais (KIDD et al., 1996).

Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o fornecimento de dietas com níveis e diferentes fontes de zinco sobre a disponibilidade do zinco para frangos de corte aos 17 e 38 dias de idade.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, *Campus* de Pirassununga, São Paulo. O período experimental foi de 10/08/2010 a 21/09/2010.

Foram distribuídos 320 pintinhos machos da linhagem Cobb-500 do 1° ao 42° dia de idade. As aves foram alojadas em 40 gaiolas metabólicas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5m) com bebedouro automático tipo “nipple” reguláveis, comedouro tipo calha e bandeja para colheita de excretas. A unidade experimental foi constituída por oito aves até 21 dias de idade e por seis aves até 42 dias de idade.

A dieta referência foi à base de milho e farelo de soja (Tabela 1). As dietas testes receberam a inclusão do micromineral e foram baseadas em Rostagno et al. (2005) para frangos de corte com desempenho médio. Os fatores em questão foram níveis de zinco, na fonte orgânica e inorgânica, em dietas isocalóricas e isoprotéicas para cada uma das fases.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em concentrações formuladas, adicionando-se níveis crescentes de sulfato de zinco ($ZnSO_4$ (35% Zn) - Zn inorgânico) e de zinco metionina (Zinpro® (10% Zn)- Zn orgânico), como indicado na Tabela 2.

As aves receberam alimento e água *ad libitum* e o mesmo manejo durante todo o período experimental. O programa de luz adotado durante o experimento foi contínuo (24 horas de luz). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por termohigrômetro de máxima e mínima, alocados a altura intermediária das gaiolas. As temperaturas médias (máxima e mínima) foram registradas em $31,61 \pm 1,95$ e $24,43 \pm 2,25$ °C, respectivamente. Os valores médios obtidos para umidade relativa do ar foram de $29,26 \pm 7,27$ % a máxima e de $22,20 \pm 3,47$ % a mínima.

No incubatório, receberam a vacina contra Marek, ao nascimento e no 7° dia de idade, as aves foram submetidas à vacinação ocular contra as doenças de NewCastle e Gumboro (Biovet®).

Para o ensaio de disponibilidade mineral, a colheita total de excretas foi realizada em dois períodos de 5 dias cada: do 13° ao 17° e do 34° ao 38° dia de idade. As bandejas de alumínio sob as gaiolas foram revestidas com plástico para evitar perdas das excretas. Para

identificar as excretas provenientes das dietas em avaliação foi adicionado, na concentração de 1%, um marcador de digestibilidade (óxido férrico), no primeiro e no último dia de colheita. Dessa forma, na primeira colheita descartaram-se as excretas não marcadas e, na última, as excretas marcadas. As rações foram pesadas no início e no final do período da colheita para quantificar o consumo por unidade experimental.

Foram realizadas duas colheitas por dia (início da manhã e final da tarde) e tomou-se o cuidado de eliminar penas, resíduos de ração e outras possíveis fontes de contaminação das bandejas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por repetição e congeladas em freezer (-4°C).

No Laboratório de Avicultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP, após o descongelamento em temperatura ambiente, as excretas foram pesadas e homogêneas. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho de faca. Das dietas e excretas foram analisadas matéria seca à 105 °C, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, seguindo-se os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002) (Tabela 6).

As características para disponibilidade avaliadas foram: consumo de matéria seca (g); consumo de zinco (g) e zinco excretado por ave (g).

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de zinco contido nas dietas, através da análise de espectrofotometria de absorção atômica, equipamento da marca Perkin Elmer – AAS 100, seguindo a metodologia da AOAC (1996) (Tabela 3).

A determinação da disponibilidade do micromineral foi de acordo com o método “Slope Ratio” descrito por Sakomura e Rostagno (2007), no qual foi comparado um tratamento sem zinco, com outros dois tratamentos com níveis de zinco inorgânico (60 e 100 mg/kg) e mais outros dois tratamentos com níveis de zinco orgânico (60 e 100 mg/kg). Para determinação da exigência, foram comparados somente os níveis do mineral na fonte orgânica, sendo níveis de zinco metionina (20, 40, 60, 80 e 100 mg/kg). A biodisponibilidade relativa do zinco orgânico foi calculada através das equações de regressões das fontes do micromineral estudado, para qual se estabeleceu o valor 100% ao zinco na forma inorgânica.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SAS (2004) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Análises bromatológicas das excretas: matéria seca (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e energia bruta (kcal/kg) (valores expressos em 100% de matéria seca)

Tratamentos	17 dias de idade	38 dias de idade
Proteína bruta (%)		
1	24,45	26,64
2	25,21	27,68
3	23,80	26,11
4	26,81	26,39
5	25,50	28,15
6	27,27	25,40
7	27,73	27,55
8	25,43	28,03
Extrato etéreo (%)		
1	1,79	1,38
2	1,69	1,35
3	1,23	1,19
4	1,53	1,28
5	1,27	1,18
6	1,58	1,30
7	1,61	1,34
8	1,55	1,43
Energia Bruta (kcal/kg)		
1	2996	3085
2	3078	3065
3	3250	3097
4	3107	3001
5	3063	3113
6	3035	3117
7	2973	3097
8	2956	3048

4.3 Resultados e discussão

Avaliando-se a disponibilidade de zinco na fonte orgânica e inorgânica, não foram encontrados efeitos significativos ($P > 0,05$) no consumo de matéria seca deste micromineral para as aves com 17 e 38 dias de idade (Tabela 7).

Houve efeito estatístico significativo ($P < 0,0001$) para o consumo de zinco, em ambas idades, aos 17 e aos 38 dias de idade (Tabela 8). A quantidade de zinco excretado/ave também apresentou efeito significativo ($P = 0,02$) aos 17 dias e ($P < 0,0001$) aos 38 dias (Tabela 7), sendo que a menor excreção foi apresentada pelas aves que não receberam a inclusão de zinco na dieta e a maior excreção foram dos frangos de corte que receberam o maior nível de zinco na fonte inorgânica. Ratificando informações de Dozier et al. (2003) e Burrell et al. (2004) que também observaram uma maior excreção de zinco conforme o aumento a concentração do mineral na ração.

Ao comparar a disponibilidade do zinco, segundo sua fonte, observou-se que esse micromineral na fonte orgânica manteve a taxa de excreção estável conforme o aumento do nível de zinco na dieta, diferindo do zinco inorgânico, no qual as aves apresentaram uma maior taxa de excreção ao receberem a dieta com maior inclusão de zinco.

Tabela 7 – Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade

Variável	Zinco (mg/kg)					CV (%)	Valor P
	Inorgânico			Orgânico			
	0	60	100	60	100		
17 dias de idade							
CMS (g)	63,61	60,92	60,82	60,40	59,85	6,01	ns
CZn (mg)	80,00 e	190,00 d	370,00b	260,00 c	440,00a	7,02	< 0,0001
ZnEA (g)	0,01 b	0,03ab	0,04 a	0,03 ab	0,03 ab	48,67	0,02
38 dias de idade							
CMS (g)	112,31	115,06	111,72	106,93	108,89	9,64	ns
CZn (mg)	110,00c	330,00b	420,00a	320,00 b	500,00a	12,81	<0,0001
ZnEA (g)	0,12 c	0,28 ab	0,37 a	0,26 b	0,26 b	19,55	<0,0001

CMS - Consumo de matéria seca/ave/dia; CZn - Consumo de zinco; ZnEA - Zinco excretado por ave.

CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 8 – Equação de regressão da Tabela 7

Variável	Zinco	P	R ²
CZnI (g) 17 d	$Y = 0,0028X + 0,0664$	< 0,0001	93,09
CZnO (g) 17 d	$Y = 0,0035X + 0,0737$	< 0,0001	98,36
CZnI (g) 38 d	$Y = 0,0032X + 0,1156$	< 0,0001	98,65
CZnO (g) 38 d	$Y = 0,0039X + 0,1023$	< 0,0001	99,73
ZnEAI (g) 17 d	$Y = 0,0003X + 0,0102$	0,02	98,68
ZnEAO (g) 17 d	$Y = -0,01X^2 + 0,05 X - 0,03$	0,02	100,00
ZnEAI (g) 38 d	$Y = 0,0025X + 0,1232$	< 0,0001	99,96
ZnEAO (g) 38 d	$Y = -0,007X^2 + 0,035X - 0,016$	< 0,0001	100,00

CZnI – Consumo de zinco inorgânico; CZnO - Consumo de zinco orgânico ; ZnEAI - Zinco excretado por ave inorgânico; ZnEAO - Zinco excretado por ave orgânico;

P – Probabilidade; d – dias; R² – Coeficiente de determinação (%).

Em relação à exigência de zinco na fonte orgânica, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) dos níveis de zinco para consumo de matéria seca para as aves aos 17 e aos 38 dias de idade (Tabela 9).

Houve efeito linear significativo ($P < 0,0001$) do consumo de zinco para frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade (Tabela 9). Observa-se que quanto maior o nível de inclusão de zinco na dieta, maior foi o consumo de zinco.

Na quantidade de zinco excretado/ave, ao determinar a exigência de zinco orgânico aos 17 e aos 38 dias de idade dos frangos de corte, somente houve diferença ($P < 0,0001$) nas aves com 38 dias de idade (Tabela 9). Ao avaliar a exigência de zinco excretado aos 38 dias de idade (Tabela 10) a maior taxa de excreção foi obtida pelas aves que consumiram 82,68 mg/kg do mineral na fonte orgânica. Nas dietas que receberam as menores concentrações de zinco, as aves apresentaram baixo teor de excreção deste micromineral ao ser comparada com as dietas com as maiores concentrações.

Tabela 9 – Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de zinco orgânico nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade

Variável	Zinco orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	20	40	60	80	100		
17 dias de idade							
CMS (g)	57,17	57,87	60,40	61,33	59,85	6,12	ns
CZn (mg)	110,00 e	210,00d	260,00 c	330,00 b	440,00 a	6,78	<0,0001
ZnEA (g)	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	41,42	ns
38 dias de idade							
CMS (g)	116,65	102,43	106,93	108,26	108,89	12,31	ns
CZn (mg)	240,00 b	260,00b	320,00 b	440,00 a	500,00 a	13,37	<0,0001
ZnEA (g)	0,17 b	0,19 b	0,26 ab	0,36 a	0,26 ab	20,18	<0,0001

CMS - Consumo de matéria seca/ave/dia; CZn - Consumo de zinco; ZnEA - Zinco excretado por ave.

CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 10 – Equação de regressão da Tabela 9

Variável	Zinco	P	R ²
CZnO (g) 17 d	$Y = 0,0039X + 0,0357$	<0,0001	98,84
CZnO (g) 38 d	$Y = 0,0035X + 0,1436$	<0,0001	95,08
ZnEAO (g) 38 d	$Y = -0,015X^2 + 0,125X + 0,038$	<0,0001	69,12

CZnO - Consumo de zinco orgânico; ZnEAO - Zinco excretado por ave orgânico;

P - Probabilidade; d - dias; R² - Coeficiente de determinação (%).

4.4 Conclusão

Nas condições do presente estudo, o zinco orgânico aos 38 dias foi excretado em menor quantidade ao ser comparado com as mesmas concentrações de zinco na fonte inorgânica. Este fato sugere melhor aproveitamento deste micromineral devido sua maior taxa de absorção.

4.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 11.ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1996. 1051 p.

BURRELL, A. L. et al. Responses of broilers to dietary zinc concentrations and sources in relation to environmental implications. **British Poultry Science**, London, v.45, n.2, p.255-263, 2004.

DOZIER, W. A. et al. Early growth and environmental implications of dietary zinc and cooper concentrations and sources of broiler chicks. **British Poultry Science**, London, v.45, n.5, p.726-731, 2003.

GOMES, P. C. et al. Níveis nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, v. 9, p.1719-1725, 2009.

KIDD, M. T.; FERKER, P. R.; QURESHI, M. A. Zinc metabolism with especial reference to its role in immunity. **World's Poultry Science Journal**, Ithaca, v.52, p.309-324, 1996.

LEE, S. H., CHOI, S. C., CHAE, B. J. et al. Effect of feeding different chelated copper and zinc sources on growth performance and fecal excretions of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.14, p.1616-1620, 2001.

PAIK, I. Application of chelated minerals in animal production. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.14, p.191-198. 2001.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAS. STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **User's guide: statistic**. 12. ed. New York: SCOTT, M.L. & Associates, 2004. 1686 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

5 EFEITO DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE ZINCO SOBRE MINERALIZAÇÃO ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

5.1 Introdução

Com os avanços no melhoramento genético, tem sido constante a necessidade de pesquisas visando à adequação das exigências nutricionais das aves nas diferentes fases de criação. Esses estudos permitiram a redução nos custos de produção, como consequência da maior eficiência obtida (CUPERTINO et al., 2005). A nutrição mineral das aves tem sido tradicionalmente baseada na utilização de minérios inorgânicos, e muitas exigências atualmente são publicadas a partir de pesquisas realizadas há mais de 40 anos (LEESON, 2005).

A biodisponibilidade de um nutriente é um termo relativo, sempre se referindo ao valor de outro produto usado como padrão. A partir da observação dos resultados de estudos nos últimos 20 a 30 anos torna-se claro a superioridade de biodisponibilidade dos quelatos quando comparados aos sais inorgânicos (KIEFER, 2005). Existem muitos fatores que influenciam a biodisponibilidade dos minerais, especialmente dos minerais traços, tais como: nível de consumo do mineral, forma química, digestibilidade da dieta, tamanho da partícula, interações com outros minerais e nutrientes, agentes quelantes, inibidores, estado fisiológico do animal, qualidade da água, condições de processamento, idade e espécie animal (MILES e HENRY, 2000).

O zinco é um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica e atua no equilíbrio ácido-base, no organismo e na calcificação óssea (LEESON e SUMMERS, 2001). Por estar associado a proteínas e ao tecido esquelético, é pouco encontrado em lipídios. Possui importante participação no organismo animal, principalmente no crescimento e desenvolvimento do tecido ósseo. Quando ocorre deficiência desse micromineral na dieta das aves, pode acarretar problemas como anormalidades de pernas e dedos, demonstrando sua importante função na formação esquelética das aves (UNDERWOOD, 1977).

O objetivo do trabalho foi estimar o nível ótimo de zinco e estabelecer a sua exigência na forma orgânica sobre mineralização óssea de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, além de comparar métodos para quantificar o grau de mineralização óssea (da tíbia, do tarso-metatarso e das falanges), avaliar a confiabilidade do teste, tempo de execução e o efeito da extração da gordura na determinação desses parâmetros.

5.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, *Campus* de Pirassununga, São Paulo. O período experimental foi de 10/08/2010 a 21/09/2010.

Foram distribuídos 320 pintinhos machos da linhagem Cobb-500 do 1° ao 42° dia de idade. As aves foram alojadas em 40 gaiolas metabólicas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5m) com bebedouro automático tipo “nipple” reguláveis, comedouro tipo calha e bandeja para colheita de excretas. A unidade experimental foi constituída por oito aves até 21 dias de idade e por seis aves até 42 dias de idade.

A dieta referência foi à base de milho e farelo de soja (Tabela 1). As dietas testes receberam a inclusão do micromineral e foram baseadas em Rostagno et al. (2005) para frangos de corte com desempenho médio. Os fatores em questão foram níveis de zinco, na forma orgânica e inorgânica, em dietas isocalóricas e isoprotéicas para cada uma das fases.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em concentrações formuladas, adicionando-se níveis crescentes de sulfato de zinco ($ZnSO_4$ (35% Zn) - Zn inorgânico) e de zinco metionina (Zinpro® (10%) - Zn orgânico), como indicado na Tabela 2.

Das dietas foram analisadas matéria seca à 105°C, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, seguindo-se os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de zinco contido nas dietas, através da análise de espectrofotometria de absorção atômica, equipamento da marca Perkin Elmer – AAS 100, seguindo a metodologia da AOAC (1996) (Tabela 3).

As aves receberam alimento e água *ad libitum* e o mesmo manejo durante todo o período experimental. O programa de luz adotado durante o experimento foi contínuo (24 horas de luz). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por termohigrômetro de máxima e mínima, alocados a altura intermediária das gaiolas. As temperaturas médias (máxima e mínima) foram registradas em $31,61 \pm 1,95$ e $24,43 \pm 2,25$ °C, respectivamente. Os valores médios obtidos para umidade relativa do ar foram de $29,26 \pm 7,27$ % a máxima e de $22,20 \pm 3,47$ % a mínima.

No incubatório, receberam a vacina contra Marek, ao nascimento e no 7º dia de idade, as aves foram submetidas à vacinação ocular contra as doenças de NewCastle e Gumboro (Biovet[®]).

Para avaliação das características ósseas, aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por repetição foram abatidas por deslocamento cervical, removendo as tíbias, tarso-metatarso e as falanges. Estas estruturas foram identificadas, embaladas e congeladas para posterior determinação das cinzas.

As falanges foram removidas da perna direita e o tarso-metatarso da perna esquerda, depois secas à 105°C na estufa por 72 horas. No entanto, antes de serem queimados sem extração lipídica conforme o método descrito por Garcia e Dale (2004) houve uma modificação da técnica, no qual foi realizada a extração lipídica (por 8 horas à 80°C) das amostras antes de serem queimadas na mufla à 550±50°C por quatro horas. A tíbia retirada da perna direita foi submetida à extração lipídica antes de ser incinerada, de acordo com o procedimento padrão de avaliação descrito pela AOAC (2000). A tíbia retirada da perna esquerda foi incinerada sem a extração lipídica conforme procedimentos realizados por Yan et al. (2005) em que foi feita a comparação da extração lipídica, com os ossos da mesma ave. No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP, foram determinados os níveis de zinco contido nas tíbias, tarso-metatarso e falanges.

Além da determinação do mineral na matéria original, foi realizada a contagem do tempo de execução de cada um dos métodos estudados e também na tíbia foi avaliado o peso, comprimento e largura.

A determinação da disponibilidade do micromineral foi de acordo com o método Slope Ratio descrito por Sakomura e Rostagno (2007), no qual foi comparado um tratamento sem zinco, com outros dois tratamentos com níveis de zinco inorgânico (60 e 100 mg/kg) e mais outros dois tratamentos com níveis de zinco orgânico (60 e 100 mg/kg). Para determinação da exigência, foram comparados somente os níveis do mineral na fonte orgânica, sendo níveis de zinco metionina (20, 40, 60, 80 e 100 mg/kg). A biodisponibilidade relativa do zinco orgânico foi calculada através das equações de regressões das fontes do micromineral estudado, para qual se estabeleceu o valor 100% ao zinco na fonte inorgânica.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SAS (2004) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.3 Resultados e discussão

Não houve efeito ($P > 0,05$) entre os tratamentos sobre a tíbia direita e esquerda (peso, comprimento e altura) e no peso do tarso-metatarso e das falanges (Tabelas 11 e 12). Discordando de Bao e Choct (2009) que observaram um maior comprimento da tíbia com o aumento dos níveis de zinco orgânico na dieta.

Avaliando-se o teor de zinco na tíbia direita e esquerda, no tarso-metatarso e nas falanges, observou-se que houve resposta estatística significativa para a tíbia direita ($P < 0,0004$) e tíbia esquerda ($P < 0,02$) aos 21 dias de idade das aves (Tabela 13). O maior teor de zinco foi encontrado na tíbia das aves que receberam a maior inclusão desse micromineral. Houve efeito linear da concentração de zinco para tíbia esquerda.

Ao se determinar a exigência de zinco na forma orgânica (Tabela 14), houve efeito quadrático significativo ($P < 0,03$) na tíbia direita.

Anormalidades nas pernas e nos dedos dos frangos foram raras e distribuídas ao acaso entre os níveis de zinco e não podem ser atribuídas a efeitos dos níveis e fontes (orgânica e inorgânica) de zinco das dietas.

De acordo com Pimentel (1991); Bartlett e Smith (2003); Huang et al. (2007) e Huang et al. (2009) a suplementação de zinco na dieta resultou em aumento da concentração de zinco na tíbia, assemelhando-se aos resultados encontrados no presente trabalho em que houve um aumento de zinco no osso conforme elevou-se a concentração de zinco na dieta. Discordando de Teixeira et al. (1995) e de Gomes et al. (2008) que observaram efeito quadrático dos níveis de zinco na tíbia, estimando como exigência 44,00 mg/kg e 86,12 mg/kg, respectivamente. Gomes et al. (2009) relataram que devido a carência de estudos sobre níveis de zinco para frangos de corte das linhagens atuais associando-os a formação óssea, não permite maiores comparações e denota a necessidade de mais pesquisas nessa área.

A deposição de minerais na tíbia como resposta a suplementação na dieta é um parâmetro bastante utilizado e sua sensibilidade tem superado a de avaliações feitas em outros órgãos e tecidos, como fígado, rins, pâncreas e sangue (FIALHO et al., 1991; NOBRE et al., 1993). Segundo Huang et al. (2009), o zinco no osso tem sido considerado o índice mais sensível para o ensaio de biodisponibilidade em pintos, independentemente da baixa ou alta suplementação de zinco na dieta. No entanto, em seu estudo não houve diferença na concentração de zinco entre as fontes estudadas, indicando que o zinco no osso não é um critério sensível para avaliação da biodisponibilidade de fontes de zinco para frangos de corte.

Tabela 11 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica na dieta

Variável	Zinco (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	Inorgânico			Orgânico			
	0	60	100	60	100		
21 dias de idade							
TMP (g)	14,99	14,98	15,42	15,04	15,46	7,82	ns
FP (g)	3,84	4,02	4,03	3,80	4,09	11,52	ns
TDP (g)	2,86	2,82	3,07	2,74	3,00	20,43	ns
TDC (cm)	6,54	6,51	6,68	6,54	6,59	3,90	ns
TDL (cm)	0,60	0,59	0,62	0,59	0,60	9,04	ns
TEP (cm)	2,89	2,79	3,02	2,87	3,15	16,21	ns
TEC (cm)	6,52	6,47	6,59	6,52	6,62	3,77	ns
TEL (cm)	0,62	0,63	0,65	0,61	0,63	10,68	ns
42 dias de idade							
TMP (g)	38,20	39,39	39,10	40,29	41,03	8,57	ns
FP (g)	13,44	12,31	13,85	13,08	12,17	16,69	ns
TDP (g)	7,01	7,09	6,62	6,93	6,92	10,03	ns
TDC (cm)	9,95	9,84	9,84	9,93	9,94	3,22	ns
TDL (cm)	0,93	0,94	0,95	0,99	0,94	8,02	ns
TEP (cm)	7,34	6,96	6,84	7,01	7,30	10,61	ns
TEC (cm)	9,98	9,89	9,89	9,94	9,94	3,03	ns
TEL (cm)	0,94	0,93	0,96	0,99	1,00	8,19	ns

TMP - Tarso-metatarso peso; FP - Falanges peso; TDP - Tíbia direita peso, TDC - Tíbia direita comprimento, TDL - Tíbia direita largura; TEP - Tíbia esquerda peso, TEC - Tíbia esquerda comprimento, TEL - Tíbia esquerda largura; CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Tabela 12 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de zinco orgânico na dieta

Variável	Zinco orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	20	40	60	80	100		
	21 dia de idade						
TM P(g)	14,16	15,21	15,04	15,55	15,46	7,82	ns
FP (g)	3,81	3,90	3,80	4,13	4,09	11,52	ns
TDP (g)	2,57	2,69	2,74	3,06	3,00	20,43	ns
TDC (cm)	6,46	5,43	6,54	6,70	6,59	3,90	ns
TDL (cm)	0,59	0,61	0,59	0,61	0,60	9,04	ns
TEP (cm)	2,73	2,92	2,87	3,01	3,15	16,21	ns
TEC (cm)	6,43	6,48	6,52	6,74	6,62	3,77	ns
TEL (cm)	0,65	0,63	0,61	0,66	0,63	10,68	ns
42 dias de idade							
TMP (g)	39,55	41,51	40,29	39,97	41,03	8,57	ns
FP (g)	11,05	12,50	13,08	12,29	12,17	16,69	ns
TDP (g)	7,11	7,48	6,93	7,18	6,92	10,03	ns
TDC (cm)	9,99	10,26	9,93	10,09	9,94	3,22	ns
TDL (cm)	0,96	0,99	0,99	0,96	0,94	8,02	ns
TEP (cm)	7,09	7,64	7,01	6,92	7,30	10,61	ns
TEC (cm)	10,03	10,27	9,94	10,17	9,94	3,03	ns
TEL (cm)	0,97	1,00	0,99	0,94	1,00	8,19	ns

TMP - Tarso-metatarso peso; FP - Falanges peso; TDP - Tíbia direita peso, TDC - Tíbia direita comprimento, TDL - Tíbia direita largura; TEP - Tíbia esquerda peso, TEC - Tíbia esquerda comprimento, TEL - Tíbia esquerda largura; CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Tabela 13 - Valores médios para o teor de zinco na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de zinco na fonte orgânica e inorgânica na dieta

Variável	Zinco (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	Inorgânico		Orgânico				
	0	60	100	60	100		
21 dias de idade							
TD (mg/kg)	150,20b	224,65a	219,66a	206,48a	233,40a	12,40	0,0004
TE (mg/kg)	128,46b	201,15a	181,39ab	178,95ab	194,77a	19,17	0,0239
TM (mg/kg)	181,17	205,25	199,94	200,93	216,74	20,10	ns
FA (mg/kg)	197,26	205,96	234,74	215,07	216,68	14,21	ns
42 dias de idade							
TD (mg/kg)	197,16	188,76	197,82	195,11	204,18	11,00	ns
TE (mg/kg)	194,88	205,11	192,67	189,80	199,88	5,73	ns
TM (mg/kg)	104,86	109,55	97,79	110,58	101,66	22,35	ns
FA (mg/kg)	86,19	88,12	86,82	92,02	98,58	9,10	ns

TD - Tíbia direita (sem gordura); TE - Tíbia esquerda (com gordura); TM - Tarso-metatarso (sem gordura); FA - Falanges (sem gordura); CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo. Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 14 – Valores médios para o teor de zinco na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de zinco orgânico na dieta

Variável	Zinco orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	20	40	60	80	100		
21 dias de idade							
TD (mg/kg)	196,25ab	183,93b	206,48ab	208,79ab	233,40a	10,70	0,03
TE (mg/kg)	178,55	147,21	178,95	173,93	194,77	17,55	ns
TM (mg/kg)	188,56	202,17	200,93	176,21	216,74	19,00	ns
FA (mg/kg)	231,32	222,43	215,07	208,01	216,68	11,02	ns
42 dias de idade							
TD (mg/kg)	184,87	183,13	195,11	192,39	204,18	10,78	ns
TE (mg/kg)	187,99	190,91	189,80	208,86	199,88	8,68	ns
TM (mg/kg)	106,51	98,89	110,58	131,22	101,66	21,17	ns
FA (mg/kg)	92,52	94,84	92,02	88,56	98,58	8,02	ns

TD - Tíbia direita (sem gordura); TE - Tíbia esquerda (com gordura); TM - Tarso-metatarso (sem gordura); FA - Falanges (sem gordura); CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo. Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 15 – Equação de regressão das Tabelas 13 e 14

Variável	Zinco (Tabela 13)	P	R ²
TDZnI 21 d	$Y = -0,0137X^2 + 2,0602X + 150,2$	0,0004	100,00
TDZnO 21 d	$Y = 0,8404X + 151,87$	0,0004	99,26
TEZnI 21 d	$Y = -0,0171X^2 + 2,2348X + 128,46$	0,0239	100,00
TEZnO 21 d	$Y = 0,6772X + 131,28$	0,0239	96,86
Zinco (Tabela 14)			
TDZnO 21 d	$Y = 0,0096X^2 - 0,6532X + 202,83$	0,03	88,66

TDZn I– Tíbia direita zinco inorgânico; TDZn O– Tíbia direita zinco orgânico; P – Probabilidade; d – dias; R² – Coeficiente de determinação (%).

Comparação dos métodos

Tabela 16 – Comparação das diferentes metodologias avaliadas, conforme o nível de zinco orgânico e inorgânico recomendado nas dietas de frango de corte

Variável	60 mg/kg de Zinco			
	orgânico		inorgânico	
	21 dias	42 dias	21 dias	42 dias
TSG	206,48	195,11 a	224,65	188,76 a
TCG	178,95	189,80 a	201,15	205,11 a
TM	200,93	110,58 b	205,25	109,55 b
F	215,07	92,02 b	205,96	88,12 b
CV (%)	17,51	10,60	14,61	12,39
Valor de P	ns	< 0,0001	ns	< 0,0001

TSG - Tíbia sem gordura; TCG - Tíbia com gordura; TM - Tarso-metatarso; F – Falanges

CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Médias seguidas por letras não idênticas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Comparando-se as diferentes metodologias estudadas, somente houve efeito ($P < 0,0001$) do zinco orgânico e inorgânico para as aves aos 42 dias de idade, onde o grau de mineralização encontrado nas tíbias (com e sem extração de gordura) diferiram do tarso-metatarso e das falanges (com extração de gordura) (Tabela 16).

Em relação ao tempo de execução das diferentes metodologias, gasta-se um maior tempo para retirada da tíbia do que para retirada do tarso-metatarso e das falanges pelo fato de ter que descarnar a tíbia. O tempo gasto para secagem das amostras foi de 72 horas para as diferentes variáveis estudadas. Para as variáveis: tíbia direita, tarso-metatarso e falanges, as quais foram realizadas a extração lipídica, gastou-se 8 horas a mais quando comparada a tíbia esquerda, a qual não foi realizada a extração lipídica. Em relação a queima das amostras, o tempo total gasto foi de 7 horas para todas as variáveis. Sendo assim, pode-se dizer que o menor tempo de execução entre as diferentes metodologias estudadas foi para o método que não foi efetuada a extração lipídica da amostra.

A técnica mais utilizada é com a tíbia desgordurada, entretanto pelos resultados pode-se determinar zinco na tíbia sem a extração de gordura uma vez que não houve diferença estatística para a tíbia sem gordura.

5.4 Conclusão

O zinco, independente da fonte e nível utilizado, não interferiu nas características ósseas avaliadas (peso, comprimento e largura da tíbia; peso do tarso-metatarso; e peso das falanges). O grau de mineralização óssea aumentou conforme foi elevada a concentração de zinco na dieta, independente da fonte em que o micromineral foi estudado (orgânica ou inorgânica). O método mais adequado para determinação do teor de zinco é através da utilização de tíbias. Não há necessidade de extração de gordura da tíbia para determinação do teor de zinco e a análise pode ser realizada com menor tempo de execução sem detrimientos dos resultados.

5.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 11.ed. Washington, DC.: Association of Official Analytical Chemists, 1996. 1051 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 17th. Washington, DC.: Association of Official Analytical Chemists, 2000. v.2, p.61-62.

BAO, Y. M.; CHOCT, M. Trace mineral nutrition for broiler chickens and prospects of application of organically complexed trace mineral: a review. **Animal Production Science**, Victoria, Australia, v. 49, p.269-282, 2009.

BARTLETT, J. R.; SMITH, M. O. Effects of different levels of zinc on the performance and immunocompetence of broilers under heat stress. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p.1580-1588, 2003.

CUPERTINO, E. S; GOMES, P. C; TEIXEIRA, L. F. Exigências de Manganês para Frangos de Corte nas Fases de Crescimento e Terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, supl., p.2308-2315, 2005.

GARCIA, A. R.; DALE, N. Foot ash as an effective diagnostic tool to evaluate bone mineralization problems in broiler chickens. In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM, 2004. **Abstracts...** Georgia: University of Georgia, 2004.

GOMES, P. C. et al. Exigências nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.79-83, 2008.

GOMES, P. C. et al. Níveis nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, v. 9, p. 1719-1725, 2009.

FIALHO, F.B. **Técnica de slope ratio na determinação de biodisponibilidade de nutrientes**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991. 155p.

HUANG, Y. L. et al. Na optimal dietary zinc level of broiler chicks fed a corn-soybean meal diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, p. 2582-2589, 2007.

HUANG, Y. L. et al. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed a conventional corn-soybean meal diet. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, p.2038-2046, 2009.

KIEFER, C.. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.2, n.3, p.206-220, 2005.

LEESON, S.; SUMMERS, J. **Scott's Nutrition of the Chicken**. Guelph, Onterio, Canada: University Books, 2001.

LEESON, S. Trace mineral requirements of poultry – validity of the NRC recommendations. In: TAYLOR-PICKARD; TUCKER (Eds) **Redefining Mineral Nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 2005.

MILES, R. D.; HENRY, P. R. Relative trace mineral bioavailability. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, n.1, p.73-93. 2000.

NOBRE, P. T. C. **Exigência e biodisponibilidade de fontes inorgânicas de manganês para frangos de corte**. 1993. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993.

PIMENTEL, J. L.; COOK, M. E.; GREGER, J. L. Bioavailability of Zinc-Methionine for Chicks. **Poultry Science**, Champaign, v.70, p.1637-1639, 1991.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástrico**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAS. STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **User's guide: statistic**. 12.ed. New York: Scott, M.L. & Associates, 2004. 1686 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

TEIXEIRA, A. S. **Exigências nutricionais de zinco e sua biodisponibilidade em sulfato e óxido de zinco para pintos de corte**. 1994. 115f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

UNDERWOOD, E. J. **Trace elements in human and animal nutrition**. 4.ed. New York: Academic Press, 1977. 545p.

YAN, F. et al. Comparison of methods to evaluate bone mineralization. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.14, p.492-498, 2005.

6. NÍVEIS DIETÉTICOS DE MANGANÊS SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE DE 1 A 42 DIAS DE IDADE

6.1. Introdução

A segunda metade do século XX caracterizou-se por uma enorme expansão da produção avícola. O aumento no volume e na eficiência de produção de aves pode ser atribuído ao desenvolvimento paralelo de novos conhecimentos em genética, nutrição, sanidade e ambiência (AVILA et al., 2006). Atualmente, os frangos de corte possuem composição corporal diferenciada, além das possíveis diferenças entre os sexos nas exigências nutricionais, que não têm sido considerados nas tabelas. A suplementação de microminerais aos animais é feita utilizando formas salinas inorgânicas simples com biodisponibilidades diferentes, o que explica o fato de suplementos minerais com os mesmos níveis nutricionais promoverem resultados de desempenho diferentes (GOMES et al., 2008).

De acordo com Spears et al. (1992), os minerais quelatados, devido a sua maior biodisponibilidade, podem substituir as fontes inorgânicas em níveis mais baixos enquanto que o desempenho é mantido ou mesmo melhorado. Segundo Kiefer (2005), a utilização de minerais quelatados têm sido promissores, embora alguns trabalhos não apresentem respostas diferentes daquela proporcionada quando se fornece em maior concentração, o elemento mineral na forma inorgânica. A maior biodisponibilidade dos minerais na forma quelatada possibilita a redução do nível de inclusão dos minerais, minimizando o impacto ambiental dos dejetos. Contudo, o uso de fontes quelatadas ou orgânicas ainda é limitada devido ao seu custo elevado, o que onera o custo da fração mineral das dietas.

O manganês é um elemento traço essencial em animais, com particular importância para rápido crescimento de aves (LU et al., 2006). Além de estar envolvido em processos digestivos, fisiológicos, de biossíntese dentro do corpo, funcionando principalmente como catalisadores em sistemas enzimáticos, dentro das células ou como partes de enzimas. Sendo também constituinte de centenas de proteínas envolvidas na intermediação do metabolismo, das vias de secreção hormonal e do sistema de defesa imunológico (BAO e CHOCT, 2009).

Com base neste cenário, como a literatura ainda é muito controversa a respeito do uso dos minerais quelatados, a presente proposta deteve-se em determinar a concentração ótima de manganês sobre as características de desempenho e estabelecer a exigência desse micromineral na forma orgânica para frangos de 1 a 42 dias de idades.

6.2. Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 19/10/2010 a 30/11/2010, no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, *Campus* de Pirassununga, São Paulo.

Foram distribuídos 320 pintinhos machos da linhagem Cobb-500 do 1° ao 42° dia de idade. As aves foram alojadas em 40 gaiolas metabólicas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5m) com bebedouro automático tipo “nipple” reguláveis, comedouro tipo calha e bandeja para colheita de excretas. A unidade experimental foi constituída por oito aves até 21 dias de idade e por seis aves até 42 dias de idade.

A dieta referência foi à base de milho e farelo de soja (Tabela 17). As dietas testes receberam a inclusão do micromineral e foram baseadas em Rostagno et al. (2005) para frangos de corte com desempenho médio. Os fatores em questão foram níveis de manganês, na fonte orgânica e inorgânica, em dietas isocalóricas e isoprotéicas para cada uma das fases.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em concentrações formuladas, adicionando-se níveis crescentes de sulfato de manganês (MnSO_4 (31% Mn) - Mn inorgânico) e de manganês metionina (Mn Zinpro[®] (8% Mn) - Mn orgânico), como indicado na Tabela 18.

Das dietas foram analisadas matéria seca à 105°C, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, seguindo-se os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de manganês contido nas dietas, através da análise de espectrofotometria de absorção atômica, equipamento da marca Perkin Elmer – AAS 100, seguindo a metodologia da AOAC (1996) (Tabela 19).

As aves receberam alimento e água *ad libitum* e o mesmo manejo durante todo o período experimental. O programa de luz adotado durante o experimento foi contínuo (24 horas de luz). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por termohigrômetro de máxima e mínima, alocados a altura intermediária das gaiolas. As temperaturas médias (máxima e mínima) foram registradas em $31,22 \pm 1,94$ e $24,75 \pm 2,06$ °C, respectivamente. Os valores médios obtidos para umidade relativa do ar foram de $45,20 \pm 12,31$ % a máxima e de $32,75 \pm 9,98$ % a mínima.

Tabela 17 – Composição centesimal das dietas experimentais nas fases de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade de frangos de corte, sem a suplementação do manganês

Ingredientes	Fases Experimentais (dias)	
	1 a 21	22 a 42
Milho Grão	53,09	61,96
Farelo de Soja	37,63	30,77
Óleo de Soja	3,10	3,31
Fosfato Bicálcico	1,94	1,65
Calcário Calcítico	0,93	0,85
Sal comum	0,41	0,37
DL-metionina	0,36	0,23
L-Lisina HCL	0,33	0,20
Bicarbonato de Sódio	0,15	0,15
L-Treonina	0,14	0,05
Cloreto de Colina	0,05	0,05
Suplemento mineral vitamínico (sem Mn) ¹	0,40	0,40
Butil-Hidróxi-Tolueno (BHT)	0,01	0,01
Inerte	1,46	-
TOTAL	100,00	100,00
Composição Calculada		
Proteína Bruta (%)	22,04	19,41
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2,95	3,10
Extrato Etéreo (%)	5,59	6,02
Cálcio (%)	0,94	0,82
Fósforo disponível (%)	0,47	0,41
Sódio (%)	0,22	0,20
Cloro (%)	0,29	0,26
Potássio (%)	0,84	0,74
Lisina digestível (%)	1,33	1,07
Metionina + cistina digestível (%)	0,94	0,77
Metionina digestível (%)	0,66	0,51
Treonina digestível (%)	0,86	0,70
Triptofano digestível (%)	0,24	0,21
Manganês (mg/kg)	37,80	34,90

¹Suplemento mineral vitamínico (sem Mn). Níveis de garantia por kg do produto: Ferro:12,50g; Manganês: 00,00g; Zinco: 12,50g; Cobre: 2.000,00mg; Iodo: 300,00mg; Selênio: 50,00mg; VIT A: 1.750.000,00UI; VIT D3: 550.000,00UI, VIT E:2.750,00; VIT K3: 400,00mg; VIT B1: 500,00mg; VIT B2: 1.250,00mg; VIT B6: 750,00mg; VIT B12: 3.000,00mcg; Colina: 78,12g; Niacina: 8.750,00mg; Ac. Pantotênico: 3.250,00mg; Ac. Fólico: 200,00mg; BHT: 25,00g; Virginiamicina: 2.500,00 mg; Monensina: 25,00g.

Tabela 18 - Indicação das dietas experimentais contendo manganês

Tratamentos	Micromineral	Nível de inclusão (mg/kg)
1	Sem Mn	0
2	Mn inorgânico	65
3	Mn inorgânico	105
4	Mn orgânico	25
5	Mn orgânico	45
6	Mn orgânico	65
7	Mn orgânico	85
8	Mn orgânico	105

Tabela 19 - Teor de manganês (mg/kg) contido nas dietas experimentais

Tratamentos	21 dias de idade	42 dias de idade
1	37,80	34,90
2	126,85	63,05
3	133,65	103,15
4	60,50	55,45
5	76,25	63,35
6	86,35	70,40
7	123,75	83,90
8	124,65	100,10

No incubatório, receberam a vacina contra Marek, ao nascimento e no 7º dia de idade, as aves foram submetidas à vacinação ocular contra as doenças de NewCastle e Gumboro (Biovet®).

Para avaliação do desempenho animal, as aves foram pesadas no início do período experimental e semanalmente para determinação do ganho de peso. O consumo de ração foi calculado considerando a quantidade de ração fornecida, as sobras nos comedouros e os desperdícios. A conversão alimentar foi calculada pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso das aves. A viabilidade das aves foi calculada pelo número de aves vivas no início do período menos a mortalidade do período. O índice de eficiência produtiva (IEP) foi calculado através da fórmula abaixo:

$$IEP = [(GPD \times VC) / (CA \times 10)]$$

Onde:

GPD: ganho de peso diário (g)

VC: viabilidade criatória (%)

CA: Conversão alimentar (g/g)

No primeiro e no último dia do período experimental, foram colhidas amostras de água do bebedouro “nipple”, em um frasco plástico fornecido pelo Laboratório OIKOS Controle Ambiental Ltda., localizado em Pirassununga/SP, para análise dos teores de manganês.

O desempenho foi analisado de acordo com o método Slope Ratio descrito por Sakomura e Rostagno (2007) no qual foi comparado um tratamento sem manganês, com outros dois tratamentos com níveis de manganês inorgânico (65 e 105 mg/kg) e mais outros dois tratamentos com níveis de manganês orgânico (65 e 105 mg/kg). Para determinação da

exigência, foram comparados somente os níveis do mineral na fonte orgânica, sendo níveis de manganês metionina (25, 45, 65, 85 e 105 mg/kg).

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SAS (2004) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

6.3 Resultados e discussão

Nas semanas de 1 a 7, 8 a 14, 15 a 21, 22 a 28, 29 a 35 e 36 a 42 dias de idade das aves (Apêndice B) e considerando os períodos totais de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade (Tabela 20 e 21), não foram encontrados efeitos ($P>0,05$) para as características de desempenho avaliadas (consumo de ração, peso corporal, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade criatória). Assemelhando aos resultados obtidos por Fialho et al. (1993); Nobre (1993); Cupertino et al. (2005) e Sunder et al. (2006) que também não observaram efeito dos níveis de manganês sobre o desempenho de frangos de corte.

Houve efeito ($P<0,001$) dos níveis de manganês orgânico para o índice de eficiência produtiva dos frangos de corte aos 42 dias de idade, apresentando o melhor resultado quando utilizado o maior nível desse micromineral na fonte orgânica, sendo um fator interessante ao setor produtivo (Tabela 20).

Nota-se assim que as dietas à base de milho e farelo de soja permitem as aves expressarem seu máximo potencial. Pelo fato dos níveis e das fontes (orgânica e inorgânica) de manganês não influenciarem as variáveis de maior interesse econômico (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), os resultados sugere que os níveis de 30 a 40 mg/kg, normalmente presentes nas dietas são suficientes para o desenvolvimento das aves.

Southern e Baker (1983) apud Cupertino et al. (2005) relataram que a influência do manganês sobre o desempenho dos animais ocorreram somente quando foram utilizados níveis muito alto promovendo sintomas de toxidez ou segundo Keaky e Sullivan (1966) apud Cupertino et al. (2005) quando houve deficiência severa provocada com dietas purificadas.

No presente estudo, os teores de manganês encontrado nas dietas sem suplementação deste micromineral foram de 37,80 mg/kg e de 34,90 mg/kg para as dietas inicial e crescimento dos 21 e dos 42 dias, respectivamente, resultados inferiores aos sugeridos pelo NRC (1994) de 60 mg/kg, e por Rostagno et al. (2005) de 65 mg/kg e Rostagno et al. (2011) de 70 mg/kg.

Tabela 20 – Características de desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica na dieta

Variável	Manganês (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	0	Inorgânico		Orgânico			
		65	105	65	105		
1 dia de idade							
PI (g)	45,55	46,05	45,43	46,80	45,15	2,25	Ns
1 a 21 dias de idade							
PC (g)	877,29	860,57	933,59	916,55	902,41	4,63	Ns
CR (g)	1094,46	1068,35	1129,60	1128,53	1113,98	4,49	Ns
GP (g)	831,74	814,52	878,15	869,75	857,26	4,73	Ns
CA (g/g)	1,31	1,31	1,29	1,30	1,30	4,94	Ns
VC (%)	100,00	100,00	95,00	97,50	100,00	1,11	ns
22 a 42 dias de idade							
PC (g)	2338,45	2438,30	2445,79	2394,88	2436,28	4,15	ns
CR (g)	2742,11	2893,56	2845,24	2790,77	2821,04	4,91	ns
GP (g)	1461,16	1567,55	1512,28	1478,33	1553,87	5,83	ns
CA (g/g)	1,88	1,84	1,88	1,89	1,81	5,21	ns
VC (%)	93,33	90,00	96,67	100,00	96,67	2,50	ns
1 a 42 dias de idade							
PC (g)	2338,45	2438,30	2445,79	2394,88	2436,28	4,15	ns
CR (g)	3836,57	3961,91	3974,84	3920,31	3935,07	4,17	ns
GP (g)	2292,97	2392,28	2420,43	2348,08	2411,28	4,22	ns
CA (g/g)	1,67	1,66	1,64	1,67	1,63	3,38	ns
VC (%)	93,33	90,00	91,67	97,50	96,67	1,42	ns
IEP (%)	305,08	308,82	322,13	326,42	340,48	3,97	ns

PI (g) - Peso inicial; PC (g) - Peso corporal; CR (g) - Consumo de ração; GP (g) - Ganho de peso; CA (g/g) - Conversão alimentar; VC (%) - Viabilidade criatória; IEP (%) - Índice de eficiência produtiva.

CV(%) - Coeficiente de variação; ns - Efeito não significativo.

Tabela 21 - Características de desempenho de frangos de corte nos períodos de 1 a 21, 22 a 42 e 1 a 42 dias de idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica na dieta

Variável	Manganês orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	25	45	65	85	105		
PI (g)	45,10	45,75	46,80	46,05	45,15	2,25	ns
1 a 21 dias de idade							
PC (g)	859,06	875,46	916,55	873,80	902,41	4,63	ns
CR (g)	1088,71	1093,33	1128,53	1116,31	1113,98	4,49	ns
GP (g)	813,96	829,71	869,75	837,75	857,26	4,73	ns
CA (g/g)	1,34	1,32	1,30	1,37	1,30	4,94	ns
VC (%)	100,00	100,00	97,50	100,00	100,00	1,11	ns
22 a 42 dias de idade							
PC (g)	2341,03	2357,99	2394,88	2349,68	2436,28	4,15	ns
CR (g)	2772,42	2733,40	2790,77	2749,00	2821,04	4,91	ns
GP (g)	1481,97	1482,53	1478,33	1465,88	1553,87	5,83	ns
CA (g/g)	1,87	1,84	1,89	1,87	1,81	5,21	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	96,67	2,50	ns
1 a 42 dias de idade							
PC (g)	2341,03	2357,99	2394,88	2349,68	2436,28	4,15	ns
CR (g)	3861,17	3817,70	3920,31	3885,35	3935,07	4,17	ns
GP (g)	2296,01	2312,30	2348,08	2303,67	2411,28	4,22	ns
CA (g/g)	1,68	1,65	1,67	1,69	1,63	3,38	ns
VC (%)	100,00	100,00	97,50	100,00	96,67	1,42	ns
IEP (%)	325,46b	333,64ab	326,42b	324,56b	340,48a	3,39	0,001

PI (g) - Peso inicial; PC (g) - Peso corporal; CR (g) - Consumo de ração; GP (g) - Ganho de peso; CA (g/g) - Conversão alimentar; VC (%) - Viabilidade criatória; IEP (%) - Índice de eficiência produtiva.

CV(%) - Coeficiente de variação; ns - Efeito não significativo.

Análise da Água

Os valores referentes aos níveis de manganês presentes nas amostras de água colhidas no primeiro (amostra 1) e no 42º dia (amostra 2) do período experimental estão apresentados na Tabela 22. A metodologia de ensaio utilizada foi o Persulfate Method e o aparelho utilizado foi o SMEWW 3500 MnB.

Tabela 22 - Teor de manganês presente nas amostras de água

Amostras	Unidade	LQM	Teor
1	mg/L	0,007	0,062
2	mg/L	0,007	0,030

LQM: Limite de Quantificação do Método.

O teor de manganês na água oferecida às aves não influenciou os tratamentos. De acordo com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011, na tabela de padrão organoléptico de potabilidade, o valor máximo de manganês permitido é de 0,1 mg/L (BRASIL, 2011).

6.4 Conclusão

Os resultados encontrados no presente trabalho, com o tratamento controle, sem a adição de manganês, atendem as necessidades para desempenho de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade. No entanto, quando do uso do manganês orgânico constatou-se que o nível de 105 mg/kg proporcionou maior índice de eficiência produtiva em relação ao menor nível (25 mg/kg).

Contudo, as condições comerciais de exploração zootécnica são muito competitivas para as aves, justificando a utilização de níveis mais elevados do que 37,80 mg/kg e 34,90 mg/kg.

6.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 11.ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1996. 1051 p.

AVILA, V. S. et al. Uso da metodologia de coleta total de excretas na determinação da energia metabolizável em rações para frango de corte ajustadas ou não quanto aos níveis de vitaminas e minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.35, n.4, p.1691-1695, 2006.

BAO, Y. M.; CHOCT, M. Trace mineral nutrition for broiler chickens and prospects of application of organically complexed trace mineral: a review. **Animal Production Science**, Victoria, Australia, v. 49, p.269-282, 2009.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Seção I, p.39 a 46.

CUPERTINO, E. S; GOMES, P. C; TEIXEIRA, L. F. exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, supl., p.2308-2315, 2005.

GOMES, P. C. et al. Exigências nutricionais de zinco para frangos de corte machos e fêmeas na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.1, p.79-83, 2008.

FIALHO, B. F.; LOPEZ, J.; BELLAVAR, C. Influência de níveis de farelo de arroz integral e manganês no desempenho e nas características de ossos de frango de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.22, n.5, p.830-838, 1993.

KEAKY, R. D.; SULLIVAN, T. W. Studies on manganese requirement and interations in the diet of young turkeys. **Poultry Science**, Champaign, v.45, n.6, p.1352-1358, 1966.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v.2, n.3, p.206-220, 2005.

LU, L et al. The effect of supplemental manganese in broiler diets on abdominal fat deposition and meat quality. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.129, p.49-59, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy Press., 1994. 155p.

NOBRE, P. T. C. **Exigência e biodisponibilidade de fontes inorgânicas de manganês para frangos de corte.** 1993. 59p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1993.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2011. 252p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAS. STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **User's guide: statistic.** 12. ed. New York: SCOTT, M.L. & Associates, 2004. 1686 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C.. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SPEARS, J. W. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. **Journal of Animal Science**, Savoy, Supplement 1, v.70, p.243, 1992.

SOUTHERN, L. L.; BAKER, D. H. Excess manganese ingestion in the chick. **Poultry Science**, Champaign, v.62, p.642-646, 1983.

SUNDER, G. S. et al. Effect of supplemental manganese on mineral uptake by tissues and immune response in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.43, p.371-377, 2006.

7 DISPONIBILIDADE DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE MANGANÊS PARA FRANGOS DE CORTE AOS 17 E 38 DIAS DE IDADE

7.1 Introdução

As exigências de minerais, assim como os requerimentos nutricionais, variam conforme a fase de criação em que as aves se encontram e normalmente são reduzidas com o avanço da idade dos frangos de corte. Esta tendência justifica estudos para determinar o que realmente é necessário para o melhor desenvolvimento do animal, evitando a contaminação excessiva do ambiente e os custos adicionais com suplementação mineral inadequada (CUPERTINO et al., 2005).

A absorção do manganês pelo trato intestinal é baixa, sendo questionado o quanto do manganês presente nos alimentos é disponível para a ave. A absorção e excreção parecem ser dependentes da formação de um quelato natural especialmente com sais biliares. Mudanças marcantes têm sido notadas na distribuição do manganês no organismo com o uso de quelatados artificiais (LEESON e SUMMERS, 2001). Uma das características, considerada importante na função fisiológica dos metais quelatados ou complexados é o grau que o ligante orgânico permanece ligado ao metal sob condições fisiológicas de pH (CAO et al., 2000).

Os minerais orgânicos passam por processos biossintéticos, formando íons metálicos quelatados que são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não pelos clássicos carreadores de minerais, assim, deixando de competir pelo mesmo transportador. Desta forma, ocorre uma maior biodisponibilidade do mineral, diminuindo a concentração do mesmo nas excretas (ROSSI et al., 2007).

Esta biodisponibilidade aumenta a vida útil das aves, pois os minerais orgânicos exercem funções extremamente variadas no organismo, tais como: participação na formação do tecido conjuntivo, manutenção da homeostase dos fluídos orgânicos, manutenção do equilíbrio da membrana celular, ativação das reações bioquímicas através da ativação de sistemas enzimáticos, entre outras (BOIAGO et al., 2007). Um importante aspecto relacionado ao uso mais baixo dos minerais quelatados é a possibilidade de redução da poluição ambiental (LEE et al., 2001).

Assim, o objetivo foi avaliar a disponibilidade de níveis e fontes dietéticas de manganês para frangos de corte aos 17 e 38 dias de idade.

7.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de 19/10/2010 a 30/11/2010, no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, *Campus* de Pirassununga, São Paulo.

Foram distribuídos 320 pintinhos machos da linhagem Cobb-500 do 1° ao 42° dia de idade. As aves foram alojadas em 40 gaiolas metabólicas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5m) com bebedouro automático tipo “nipple” reguláveis, comedouro tipo calha e bandeja para colheita de excretas. A unidade experimental foi constituída por oito aves até 21 dias de idade e por seis aves até 42 dias de idade.

A dieta referência foi à base de milho e farelo de soja (Tabela 17). As dietas testes receberam a inclusão do micromineral e foram baseadas em Rostagno et al. (2005) para frangos de corte com desempenho médio. Os fatores em questão foram níveis de manganês, na forma orgânica e inorgânica, em dietas isocalóricas e isoprotéicas para cada uma das fases.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em concentrações formuladas, adicionando-se níveis crescentes de sulfato de manganês (MnSO_4 (31% Mn) - Mn inorgânico) e de manganês metionina (Mn Zinpro® (8% Mn) - Mn orgânico), como indicado na Tabela 18.

As aves receberam alimento e água ad libitum e o mesmo manejo durante todo o período experimental. O programa de luz adotado durante o experimento foi contínuo (24 horas de luz). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por termohigrômetro de máxima e mínima, alocados a altura intermediária das gaiolas. As temperaturas médias (máxima e mínima) foram registradas em $31,22 \pm 1,94$ e $24,75 \pm 2,06$ °C, respectivamente. Os valores médios obtidos para umidade relativa do ar foram de $45,20 \pm 12,31$ % a máxima e de $32,75 \pm 9,98$ % a mínima.

No incubatório, as aves receberam a vacina contra Marek, ao nascimento e no 7° dia de idade, as aves foram submetidas à vacinação ocular contra as doenças de NewCastle e Gumboro (Biovet®).

Para avaliação do ensaio de disponibilidade mineral, a colheita total das excretas foi realizada em dois períodos de cinco dias cada: do 13° ao 17° e do 34° ao 38° dia de idade. As bandejas de alumínio sob as gaiolas foram revestidas com plástico para evitar perdas das excretas. Para identificar as excretas provenientes das dietas em avaliação, foi adicionado na

concentração de 1% um marcador de digestibilidade (óxido férrico), no primeiro e no último dia de colheita. Dessa forma, na primeira colheita descartaram-se as excretas não marcadas e, na última, as excretas marcadas. As rações foram pesadas no início e no final do período de colheita para quantificar o consumo por unidade experimental.

Foram realizadas duas colheitas por dia (início da manhã e final da tarde) e tomou-se o cuidado de eliminar penas, resíduos de ração e outras possíveis fontes de contaminação das bandejas. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas por repetição e congeladas em freezer (-4°C). No Laboratório de Avicultura da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP, após o descongelamento em temperatura ambiente, as excretas foram pesadas e homogeneizadas. Posteriormente foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho de faca. Das dietas e das excretas foram analisadas matéria seca à 105°C, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, seguindo-se os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002) (Tabela 23).

Tabela 23 - Análises bromatológicas das excretas: matéria seca (%), proteína bruta (%), extrato etéreo (%) e energia bruta (kcal/kg) (valores expressos em 100% de matéria seca)

Tratamentos	17 dias de idade	38 dias de idade
Proteína bruta (%)		
1	28,98	25,72
2	27,30	25,31
3	27,94	25,37
4	27,43	28,45
5	26,62	27,63
6	26,71	26,96
7	27,36	25,87
8	26,62	26,45
Extrato etéreo (%)		
1	1,54	1,45
2	1,62	1,52
3	1,57	1,84
4	1,54	1,84
5	1,55	1,38
6	1,50	1,80
7	1,54	1,76
8	1,53	1,53
Energia Bruta (kcal/kg)		
1	2855	3211
2	3031	3138
3	2985	3050
4	2858	3183
5	3419	3001
6	2974	2980
7	2987	3114
8	2895	3138

As características para disponibilidade avaliadas foram: consumo de matéria seca (g); consumo de manganês (g) e manganês excretado por ave (g).

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de manganês contido nas dietas, através da análise de espectrofotometria de absorção atômica, equipamento da marca Perkin Elmer – AAS 100, seguindo a metodologia da AOAC (1996) (Tabela 19).

A determinação da disponibilidade do micromineral foi de acordo com o método Slope Ratio descrito por Sakomura e Rostagno (2007), no qual foi comparado um tratamento sem manganês, com outros dois tratamentos com níveis de manganês inorgânico (65 e 105 mg/kg) e mais outros dois tratamentos com níveis de manganês orgânico (65 e 105 mg/kg). Para determinação da exigência, foram comparados somente os níveis do mineral na forma orgânica, sendo níveis de manganês metionina (25, 45, 65, 85 e 105 mg/kg). A biodisponibilidade relativa do manganês orgânico foi calculada através das equações de regressões das fontes do micromineral estudado, para qual se estabeleceu o valor 100% ao manganês na fonte inorgânica.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SAS (2004) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

7.3 Resultados e discussão

Aos 17 dias de idade dos frangos de corte, não houve resposta ($P > 0,05$) para consumo de matéria seca de manganês (Tabela 24). Houve efeito significativo para consumo de manganês ($P < 0,0001$), para manganês excretado/ave ($P < 0,0001$) aos 17 dias de idade das aves (Tabela 24).

Para os frangos de corte aos 38 dias de idade, não houve efeito significativo da disponibilidade de manganês para o consumo de matéria seca (Tabela 24). Demonstra-se que dietas práticas a base de milho e farelo de soja já contém a quantidade suficiente de manganês para aves aos 38 dias de idade. Houve efeito significativo ($P < 0,0001$) para consumo de manganês e para manganês excretado/ave aos 38 dias de idade (Tabela 24).

Pode-se observar na Tabela 25 que quanto maior a inclusão do mineral orgânico na dieta, maior foi a taxa de excreção do manganês em ambas as idades, aos 17 e aos 38 dias de idade.

Ao comparar o mesmo nível de manganês sob as duas formas avaliadas, observou-se que o manganês orgânico apresentou menor taxa de excreção em relação ao inorgânico, sugerindo melhor aproveitamento desta fonte, por apresentar maior taxa de absorção, contribuindo desta forma com a redução da poluição ambiental.

Tabela 24 - Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade

Variável	Manganês (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	Inorgânico		Orgânico				
	0	65	105	65	105		
17 dias de idade							
CMS (g)	53,41	53,67	52,47	53,10	53,85	5,22	ns
CMn (mg)	80,00 c	270,00 a	280,00 a	180,00 b	270,00 a	5,78	<0,0001
MnEA (g)	0,03 b	0,09 a	0,10 a	0,07 a	0,10 a	22,54	<0,0001
38 dias de idade							
CMS (g)	108,20	106,86	110,82	106,89	110,34	7,27	ns
CMn (mg)	110,00 c	200,00 b	340,00 a	220,00 b	330,00 a	8,29	<0,0001
MnEA (g)	0,07 d	0,22 ab	0,13 cd	0,17 bc	0,26 a	20,63	<0,0001

CMS - Consumo de matéria seca/ave/dia; CMn - Consumo de manganês; MnEA - Manganês excretado por ave. CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 25 – Equação de regressão da Tabela 24

Variável	Manganês	P	R ²
CMnI (g) 17 d	$Y = 0,002X + 0,0976$	< 0,0001	88,20
CMnO (g) 17 d	$Y = 0,0018X + 0,0773$	< 0,0001	99,31
CMnI (g) 38 d	$Y = 0,0021X + 0,1$	< 0,0001	93,06
CMnO (g) 38 d	$Y = 0,002X + 0,1077$	< 0,0001	98,59
MnEAI (g) 17 d	$Y = 0,0007X + 0,0341$	< 0,0001	93,76
MnEAI (g) 17 d	$Y = 0,0006X + 0,0295$	< 0,0001	99,90
MnEAI (g) 38 d	$Y = -0,12X^2 + 0,51X - 0,32$	< 0,0001	100,00
MnEAO (g) 38 d	$Y = 0,0017X + 0,067$	< 0,0001	98,47

CMnI – Consumo de manganês inorgânico; CMnO - Consumo de manganês orgânico ; MnEAI – Manganês excretado por ave inorgânico; MnEAO - Manganês excretado por ave orgânico;

P – Probabilidade; d – dias; R² – Coeficiente de determinação (%).

Para a fonte orgânica o maior consumo de manganês foi verificado nas aves que receberam as dietas com maiores teores de manganês. Para a quantidade de manganês excretada/ave, foi apresentado o maior teor de excreção para as aves que receberam o maior nível de inclusão de manganês na dieta (Tabela 26). Pode-se observar na Tabela 27 que quanto maior foi a inclusão de manganês na dieta, maior foi a taxa de excreção deste micromineral.

Tabela 26 – Valores médios das características de disponibilidade, conforme níveis de manganês orgânico nas dietas de frangos de corte aos 17 e aos 38 dias de idade

Variável	Manganês orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	25	45	65	85	105		
17 dias de idade							
CMS (g)	52,31	54,48	53,10	53,62	53,85	4,94	ns
CMn (mg)	130,00 c	170,00b	180,00 b	260,00 a	270,00a	5,12	<0,0001
MnEA (g)	0,05 c	0,06 bc	0,07 b	0,09 a	0,10 a	14,94	<0,0001
38 dias de idade							
CMS (g)	111,99	108,03	106,89	108,28	110,34	8,16	ns
CMn (mg)	190,00 c	200,00c	0,22 c	0,27 b	0,33 a	8,71	<0,0001
MnEA(g)	0,12 b	0,16 b	0,17 b	0,25 a	0,26 a	15,53	<0,0001

CMS - Consumo de matéria seca/ave/dia; CMn - Consumo de manganês; MnEA - Manganês excretado por ave. CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 27 – Equação de regressão da Tabela 26

Variável	Manganês	P	R ²
CMnO (g) 17 d	$Y = 0,0019X + 0,0775$	<0,0001	93,09
CMnO (g) 38 d	$Y = 0,018X + 0,1281$	<0,0001	93,84
MnEAO (g) 17 d	$Y = 0,0007X + 0,0293$	<0,0001	97,30
MnEAO (g) 38 d	$Y = 0,037X + 0,081$	<0,0001	93,26

CMnO - Consumo de manganês orgânico; MnEAO - Manganês excretado por ave orgânico; P – Probabilidade; d – dias; R² – Coeficiente de determinação (%).

7.4 Conclusão

Nas condições do presente estudo, o manganês orgânico aos 38 dias foi excretado em menor quantidade quando utilizado o nível de 105 mg/kg. Sugerindo assim, melhor absorção do micromineral orgânico.

7.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 11.ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1996. 1051 p.

BOIAGO, M. M. et al. Características qualitativas da carne do peito de frangos de corte alimentados com deferentes fontes e concentrações de selênio. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 44. 2007,. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.

CAO, J. et al. Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. **Journal of Animal Sciences**, Champaign, v.78, p.2039–2054. 2000.

CUPERTINO, E. S; GOMES, P. C; TEIXEIRA, L. F. Exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, supl., p.2308-2315, 2005.

LEE, S. H., CHOI, S. C., CHAE, B. J. et al. Effect of feeding different chelated copper and zinc sources on growth performance and fecal excretions of weanling pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.14, p.1616-1620, 2001.

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

ROSSI, P. et al. Efeito dos minerais orgânicos sobre o desempenho reprodutivo de matrizes pesadas. In: Congresso de Iniciação Científica, 16., 2007, Pelotas.,. **Anais...** Pelotas: IX Encontro de Pós-Graduação 2007.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAS. STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **User's guide: statistic**. 12. ed. New York: SCOTT, M.L. & Associates, 2004. 1686 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

8 EFEITO DOS NÍVEIS DIETÉTICOS DE MANGANÊS NA MINERALIZAÇÃO ÓSSEA DE FRANGOS DE CORTE

8.1 Introdução

A atualização das exigências nutricionais na formulação das rações é necessária, em virtude do contínuo melhoramento genético das aves, que altera a produtividade e a demanda nutricional de manutenção das linhagens das aves, assim como a velocidade de crescimento, que pode variar com o sexo e a conformação dos frangos (cortes ou carcaças) (NAMAZU et al., 2008).

O manganês é considerado um mineral essencial e rotineiramente adicionado as dietas práticas das aves. A fonte de manganês comumente utilizada na alimentação animal são sais inorgânicos, principalmente na forma de sulfato. A absorção de minerais na forma inorgânica pelos frangos de corte é limitada, principalmente devido à sua tendência de formar complexos com outros componentes da dieta que estão menos disponíveis ou indisponíveis, e a sua tendência de interferir com o outro mineral no aparelho digestivo. A biodisponibilidade absoluta de minerais inorgânicos é geralmente baixa e isto significa que uma parte destes nutrientes minerais passa através do trato gastrointestinal e acabam na excreta (YAN e WALDROUP, 2010). O manganês participa de funções importantes no organismo animal, especialmente relacionadas à matriz óssea, e sua deficiência pode provocar anormalidades nas pernas e nos dedos das aves, além de incidência de perose (CUPERTINO et al., 2005). O osso é a fonte mais rica em manganês no organismo das aves, com cerca de 3 a 4 $\mu\text{g/g}$ de tecido, seguido pelo fígado com 2 $\mu\text{g/g}$ (LEESON e SUMMERS, 2001).

De acordo com Garcia e Dale (2006), a necessidade de quantificar a mineralização óssea tem sido reconhecida por pesquisadores da área de nutrição e fisiologia das aves. O ensaio mais comumente utilizado para este propósito atualmente e para a maioria do século passado é através das cinzas do osso da tíbia, conforme a técnica descrita pela AOAC (2000).

Assim, o objetivo do trabalho foi estimar o nível ótimo de manganês para a mineralização óssea de frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade, além de comparar métodos para quantificar o grau de mineralização óssea (da tíbia, do tarso-metatarso e das falanges), avaliar a confiabilidade do teste, tempo de execução e o efeito da extração da gordura na determinação dessas características.

8.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido no período de 19/10/2010 a 30/11/2010, no Laboratório de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, *Campus* de Pirassununga, São Paulo.

Foram distribuídos 320 pintinhos machos da linhagem Cobb-500 do 1° ao 42° dia de idade. As aves foram alojadas em 40 gaiolas metabólicas de arame galvanizado (0,9 m x 0,7 m x 0,5m) com bebedouro automático tipo “nipple” reguláveis, comedouro tipo calha e bandeja para colheita de excretas. A unidade experimental foi constituída por oito aves até 21 dias de idade e por seis aves até 42 dias de idade.

A dieta referência foi à base de milho e farelo de soja (Tabela 17). As dietas testes receberam a inclusão do micromineral e foram baseadas em Rostagno et al. (2005) para frangos de corte com desempenho médio. Os fatores em questão foram níveis de manganês, na fonte orgânica e inorgânica, em dietas isocalóricas e isoprotéicas para cada uma das fases.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em oito tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em concentrações formuladas, adicionando-se níveis crescentes de sulfato de manganês (MnSO_4 (31% Mn) Mn inorgânico) e de manganês metionina (Zinpro[®] Mn (8% Mn) Mn orgânico), como indicado na Tabela 18.

Das dietas foram analisadas matéria seca à 105°C, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, seguindo-se os procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de manganês contido nas dietas, através da análise de espectrofotometria de absorção atômica, equipamento da marca Perkin Elmer – AAS 100, seguindo a metodologia da AOAC (1996) (Tabela 19).

As aves receberam alimento e água *ad libitum* e o mesmo manejo durante todo o período experimental. O programa de luz adotado durante o experimento foi contínuo (24 horas de luz). O monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar foi realizado por termohigrômetro de máxima e mínima, alocados a altura intermediária das gaiolas. As temperaturas médias (máxima e mínima) foram registradas em $31,22 \pm 1,94$ e $24,75 \pm 2,06$ °C, respectivamente. Os valores médios obtidos para umidade relativa do ar foram de $45,20 \pm 12,31$ % a máxima e de $32,75 \pm 9,98$ % a mínima.

No incubatório, as aves receberam a vacina contra Marek, ao nascimento e no 7º dia de idade, as aves foram submetidas à vacinação ocular contra as doenças de NewCastle e Gumboro (Biovet®).

Para avaliação das características ósseas, aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por repetição foram abatidas por deslocamento cervical e foram removidos as tíbias, tarso-metatarso e as falanges, sendo identificados, embalados e levados ao congelador para posterior determinação das cinzas.

As falanges foram removidas da perna direita e o tarso-metatarso foi removido da perna esquerda, depois de seco à 105°C na estufa por 72 horas. No entanto, antes de serem queimados sem extração lipídica conforme o método descrito por Garcia e Dale (2004) houve uma modificação da técnica, onde foi realizada a extração lipídica (por 8 horas à 80°C) das amostras antes de serem queimadas na mufla à 550±50°C por 4 horas. A tíbia retirada da perna direita foi submetida à extração lipídica antes de serem incineradas de acordo com o procedimento padrão de avaliação descrito pela AOAC (2000). A tíbia retirada da perna esquerda foi incinerada sem a extração lipídica conforme procedimentos realizados por Yan et al., (2005) em que foi feita a comparação da extração lipídica, com os ossos da mesma ave.

No Laboratório de Minerais da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP/Pirassununga – SP foram determinados os níveis de manganês contido nas tíbias, tarso-metatarso e falanges. Além da determinação do mineral na matéria original, foi realizada a contagem do tempo de execução de cada um dos métodos estudados e também na tíbia foi avaliado o peso, comprimento e largura.

A determinação da disponibilidade do micromineral foi de acordo com o método Slope Ratio descrito por Sakomura e Rostagno (2007), no qual foi comparado um tratamento sem manganês, com outros dois tratamentos com níveis de manganês inorgânico (65 e 105 mg/kg) e mais outros dois tratamentos com níveis de manganês orgânico (65 e 105 mg/kg). Para determinação da exigência, foram comparados somente os níveis do mineral na fonte orgânica, sendo níveis de manganês metionina (25, 45, 65, 85 e 105 mg/kg). A biodisponibilidade relativa do manganês orgânico foi calculada através das equações de regressões das fontes do micromineral estudado, para qual se estabeleceu o valor 100% ao manganês na fonte inorgânica.

Os dados foram submetidos à análise de variância com auxílio do programa estatístico SAS (2004) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

8.3 Resultados e discussão

Não houve efeito entre os tratamentos ($P>0,05$) para a tíbia direita e esquerda (peso, comprimento e altura) e no peso do tarso-metatarso e das falanges (Tabela 28 e 29).

Avaliando-se a disponibilidade de manganês para frangos de corte aos 21 dias de idade, houve efeito significativo do teor de manganês ($P<0,03$) para tíbia direita e ($P<0,01$) para a tíbia esquerda (Tabela 30). Não houve resposta significativa ($P>0,05$) do teor de manganês contido no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 dias de idade (Tabela 30).

Para as aves aos 42 dias de idade, houve efeito significativo para a tíbia direita ($P<0,01$) e para as falanges ($P<0,0006$) em relação ao teor de manganês (Tabela 30). Não houve resposta significativa ($P>0,05$) para a tíbia esquerda e para o tarso-metatarso (Tabela 30). A biodisponibilidade do manganês encontrada foi de 195% para tíbia direita e de 205% nas falanges (Tabela 32).

Não foi determinada a exigência do manganês orgânico para as aves aos 21 e aos 42 dias de idade das aves para as variáveis: tíbia direita, tíbia esquerda, tarso-metatarso e falanges, pois não houve efeito significativo ($P>0,05$) para o teor de manganês nestas variáveis (Tabela 31).

As incidências de anormalidades de pernas e dedos foram raras e aleatórias e, portanto, não podem ser atribuídas a efeitos de tratamento. Discordando de Sunder et al. (2007) que notaram que a suplementação de manganês até 100 mg/kg reduziu a incidência de anormalidades nas pernas e que houve um aumento significativo das anormalidades no jarrete das aves alimentadas com dieta basal sem suplementação de manganês. Segundo os mesmos autores, a suplementação de manganês até 100 mg/kg melhorou a mineralização óssea e altos níveis de manganês (800 mg/kg) não apresentaram vantagem. O aumento do nível para 1600 ou 3200 mg/kg teve impacto negativo para retenção de zinco nos ossos. Apesar da dieta basal (sem suplementação de manganês) não interferir no desempenho das aves, a mesma não foi adequada para manter a integridade esquelética.

Tabela 28 – Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica e inorgânica na dieta

Variável	Manganês (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	Inorgânico			Orgânico			
	0	65	105	65	105		
21 dias de idade							
TMP (g)	14,99	15,35	14,93	14,75	15,47	8,35	ns
FP (g)	5,30	5,54	5,30	5,61	5,73	11,45	ns
TDP (g)	2,22	2,25	2,22	2,32	2,27	8,75	ns
TDC (cm)	6,58	6,60	6,65	6,69	6,69	3,34	ns
TDL (cm)	0,67	0,62	0,62	0,65	0,64	6,42	ns
TEP (cm)	2,26	0,27	2,25	2,25	2,25	8,96	ns
TEC (cm)	6,50	6,62	6,67	6,64	6,51	3,43	ns
TEL (cm)	0,63	0,61	0,61	0,62	0,64	6,91	ns
42 dias de idade							
TMP (g)	41,47	41,49	41,41	39,68	40,96	9,35	ns
FP (g)	14,91	15,20	15,24	15,27	15,28	10,15	ns
TDP (g)	6,79	7,11	7,12	6,74	6,93	10,99	ns
TDC (cm)	9,87	10,00	10,09	9,97	10,18	4,04	ns
TDL (cm)	0,93	1,01	0,97	0,93	0,95	8,55	ns
TEP (cm)	6,81	7,20	6,97	7,02	7,17	10,93	ns
TEC (cm)	9,86	10,13	10,09	9,98	10,02	3,95	ns
TEL (cm)	0,95	1,00	0,98	0,99	0,97	9,22	ns

TMP - Tarso-metatarsopeso; FP - Falanges peso; TDP - Tíbia direita peso, TDC - Tíbia direita comprimento, TDL - Tíbia direita largura; TEP - Tíbia esquerda peso, TEC - Tíbia esquerda comprimento, TEL - Tíbia esquerda largura; CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Tabela 29 - Valores médios para as características ósseas de frangos de corte aos 21 e aos 42 dias de idade, conforme níveis de manganês orgânico na dieta

Variável	Manganês orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	25	45	65	85	105		
21 dias de idade							
TMP (g)	14,38	15,40	14,75	15,30	15,47	8,35	ns
FP (g)	5,04	5,16	5,61	5,73	5,73	11,45	ns
TDP (g)	2,15	2,22	2,32	2,25	2,27	8,75	ns
TDC (cm)	6,54	6,61	6,69	6,68	6,69	3,34	ns
TDL (cm)	0,63	0,64	0,65	0,65	0,64	6,42	ns
TEP (cm)	2,17	2,23	2,25	2,31	2,25	8,96	ns
TEC (cm)	6,51	6,55	6,64	6,71	6,51	3,43	ns
TEL (cm)	0,62	0,63	0,62	0,63	0,64	6,91	ns
42 dias de idade							
TMP (g)	41,20	40,57	39,68	38,50	40,96	9,35	ns
FP (g)	15,17	15,66	15,27	15,44	15,28	10,15	ns
TDP (g)	6,45	7,04	6,74	6,63	6,93	10,99	ns
TDC (cm)	9,88	10,03	9,97	10,00	10,18	4,04	ns
TDL (cm)	0,93	0,96	0,93	0,88	0,95	8,55	ns
TEP (cm)	6,48	7,04	7,02	6,78	7,17	10,93	ns
TEC (cm)	9,89	9,93	9,98	9,97	10,02	3,95	ns
TEL (cm)	0,92	0,99	0,99	0,94	0,97	9,22	ns

TMP - Tarso-metatarso peso; FP - Falanges peso; TDP - Tíbia direita peso, TDC - Tíbia direita comprimento, TDL - Tíbia direita largura; TEP - Tíbia esquerda peso, TEC - Tíbia esquerda comprimento, TEL - Tíbia esquerda largura; CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Tabela 30 - Valores médios para o teor de manganês na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de manganês orgânico e inorgânico na dieta

Variável	Mangânes (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	Inorgânico		Orgânico				
	0	65	105	65	105		
21 dias de idade							
TD (mg/kg)	5,30b	6,26ab	7,21a	6,37ab	6,73ab	13,50	0,03
TE (mg/kg)	4,35b	5,23ab	5,80a	5,17ab	5,42ab	11,27	0,01
TM (mg/kg)	2,30	2,61	3,07	2,74	2,81	26,34	ns
FA (mg/kg)	1,87	3,07	2,62	2,61	2,93	29,52	ns
42 dias de idade							
TD (mg/kg)	3,39b	3,92ab	4,02ab	4,29ab	4,64a	12,70	0,01
TE (mg/kg)	3,17	4,41	3,88	3,90	4,22	20,20	ns
TM (mg/kg)	1,85	1,89	1,83	1,92	1,92	28,61	ns
FA (mg/kg)	1,04c	1,44abc	1,40bc	1,49ab	1,84a	15,71	0,0006

TD - Tíbia direita (sem gordura); TE -Tíbia esquerda (com gordura); TM - Tarso-metatarso (sem gordura); FA - Falanges (sem gordura); CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo. Médias seguidas por letras não idênticas diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Tabela 31 – Valores médios para o teor de manganês na tíbia, no tarso-metatarso e nas falanges das aves aos 21 e 42 dias idade, conforme níveis de manganês na fonte orgânica na dieta

Variável	Manganês orgânico (mg/kg)					CV(%)	Valor P
	25	45	65	85	105		
21 dias de idade							
TD (mg/kg)	5,79	6,13	6,37	7,08	6,73	11,26	ns
TE (mg/kg)	4,90	5,14	5,17	5,77	5,42	12,20	ns
TM(mg/kg)	2,53	2,47	2,74	2,94	2,81	28,18	ns
FA (mg/kg)	2,25	2,23	2,61	2,90	2,93	27,11	ns
42 dias de idade							
TD (mg/kg)	4,76	4,22	4,29	4,67	4,64	11,86	ns
TE (mg/kg)	4,21	3,77	3,90	4,46	4,22	9,70	ns
TM (mg/kg)	1,92	1,84	1,92	2,10	1,92	15,25	ns
FA (mg/kg)	1,60	1,51	1,49	1,78	1,84	11,73	ns

TD - Tíbia direita (sem gordura); TE - Tíbia esquerda (com gordura); TM - Tarso-metatarso (sem gordura); FA - Falanges (sem gordura); CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Tabela 32 – Equação de regressão da Tabela 30

Variável	Zinco	P	R ²
TDMnI 21 d	$Y = 0,0179X + 5,4246$	0,03	98,23
TDMnO 21 d	$Y = 0,0139X + 5,3461$	0,03	97,98
TEMnI 21 d	$Y = 0,0138X + 4,3456$	0,01	99,98
TEMnO 21 d	$Y = 0,0104X + 4,3893$	0,01	97,41
TDMnI 42 d	$Y = 0,0062X + 3,4249$	0,01	94,41
TDMnO 42 d	$Y = 0,0121X + 3,4215$	0,01	98,75
FMnI 42 d	$Y = 0,037X + 1,0842$	0,0006	78,85
FMnO 42 d	$Y = 0,076X + 1,0287$	0,0006	99,58

TDMn I– Tíbia direita manganês inorgânico; TDMn O– Tíbia direita manganês orgânico; P – Probabilidade; d – dias; R² – Coeficiente de determinação (%).

Comparação dos métodos

Tabela 33 - Comparação das diferentes metodologias avaliadas, conforme o nível de manganês orgânico e inorgânico recomendado nas dietas de frango de corte

65 mg/kg de Manganês				
Variável	orgânico		inorgânico	
	21 dias	42 dias	21 dias	42 dias
TSG	6,37 a	4,29 a	6,26 a	3,92 a
TCG	5,17 b	3,90 a	5,23 a	3,71 a
TM	2,74 c	1,92 b	2,61 b	1,89 b
F	2,61 c	1,49 b	3,07 b	1,44 b
CV (%)	12,46	15,31	17,55	11,62
Valor de P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

TSG - Tíbia sem gordura; TCG - Tíbia com gordura; TM - Tarso-metatarso; F - Falanges

CV(%) - Coeficiente de variação; P - Probabilidade; ns - Efeito não significativo.

Médias seguidas por letras não idênticas, na coluna, diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Comparando-se as diferentes metodologias estudadas, pode-se observar efeito estatístico significativo ($P < 0,0001$) em relação ao grau de mineralização óssea para todas as variáveis avaliadas. Para o manganês orgânico aos 21 dias de idade, houve diferença entre as tíbias, as quais também diferiram no grau de mineralização do tarso-metatarso e das falanges. Não houve diferença estatística entre a mineralização do tarso-metatarso e das falanges. Para o manganês orgânico aos 42 dias e para o inorgânico aos 21 e 42 dias, o grau de mineralização encontrado nas tíbias (com e sem extração de gordura) diferiram do tarso-metatarso e das falanges (com extração de gordura) (Tabela 33).

Em relação ao tempo de execução das diferentes metodologias, gasta-se um maior tempo para retirada da tíbia do que para retirada do tarso-metatarso e das falanges pelo fato de ter que descarnar a tíbia. O tempo gasto para secagem das amostras, foi de 72 horas para as diferentes variáveis estudadas. Para as variáveis: tíbia direita, tarso-metatarso e falanges, as quais foram realizadas a extração lipídica, gastou-se 8 horas a mais quando comparada a tíbia esquerda, a qual não foi realizada a extração lipídica. Em relação a queima das amostras, o tempo total gasto foi de 7 horas para todas as variáveis. Sendo assim, pode-se dizer que o menor tempo de execução entre as diferentes metodologias estudadas foi para o método que não foi efetuada a extração lipídica da amostra.

A técnica mais utilizada é com a tíbia desengordurada, entretanto pelos resultados pode-se determinar manganês na tíbia sem a extração de gordura uma vez que não houve diferença estatística para a tíbia sem gordura.

8.4 Conclusão

O manganês, independente da fonte e nível utilizado, não interferiu nas características ósseas avaliadas (peso, comprimento e largura da tíbia, peso do tarso- metatarso, e peso das falanges). O grau de mineralização óssea aumentou conforme foi elevada a concentração de manganês na dieta, independente da fonte em que o micromineral foi estudado (orgânica ou inorgânica). O método mais adequado para determinação do teor de manganês é através da utilização de tíbias. Não há necessidade de extração de gordura da tíbia para determinação do teor de manganês e a análise pode ser realizada com menor tempo de execução sem detrimientos dos resultados.

8.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 11.ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1996. 1051 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 17 ed. Washington: Association of Official Analytical Chemists., v.2, p.61-62, 2000.

CUPERTINO, E. S; GOMES, P. C; TEIXEIRA, L. F. Exigências de manganês para frangos de corte nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, supl., p.2308-2315, 2005.

GARCIA, A. R.; DALE, N. Foot ash as a means of quantifying bone mineralization in chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 15, p.103-109, 2006.

GARCIA, A. R.; DALE, N. Foot ash as an effective diagnostic tool to evaluate bone mineralization problems in broiler chickens. In: INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC FORUM, 2004. **Abstracts...** Georgia: University of Georgia, 2004.

LEESON, S.; SUMMERS, J. **Scott's Nutrition of the Chicken**. Onterio, Canada: University Books, 2001.

NAMAZU, L. B. et al. Lisina digestível e zinco quelato para frangos de corte machos: desempenho e retenção de nitrogênio na fase pré-inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.9, p.1634-1640, 2008.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SAS. STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **User's guide: statistic**. 12. ed. New York: SCOTT, M.L. & Associates, 2004. 1686 p.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C.. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SUNDER, G. S. et al. Effect of graded levels of manganese supplementation on performance and its bio-availability in broiler chicken. **Indian Journal of Animal Sciences**, New Delhi, India, v.77, n.7, p.621-623, 2007.

YAN, F. et al. Comparison of methods to evaluate bone mineralization. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.14, p.492-498, 2005.

YAN, F.; WALDROUP, P. W. Evaluation of mintrex[®] manganese for young broilers. **International Journal of Poultry Science**, Fayetteville, n.5, v.8, p.708-713, 2006.

9. CONCLUSÕES

As exigências para desempenho de frangos de corte no período de 1 a 42 dias de idade, nas condições destes dois estudos, foram atendidas sem a adição de zinco e manganês. Contudo, as condições comerciais de exploração zootécnica são muito competitivas para as aves, justificando a utilização de níveis mais elevados do que 33,00 mg/kg e de 37,80 mg/kg, para os microminerais zinco e manganês, respectivamente.

O zinco orgânico aos 38 dias foi excretado em menor quantidade ao ser comparado com as mesmas concentrações de zinco na fonte inorgânica. O manganês orgânico aos 38 dias foi excretado em menor quantidade quando utilizado o nível de 105 mg/kg. Sugerindo assim, melhor absorção do micromineral orgânico.

Independente da fonte e nível utilizado, os microminerais estudados (zinco e manganês) não interferiram nas características ósseas avaliadas (peso, comprimento e largura da tíbia, peso do tarso- metatarso e peso das falanges). Em ambos estudos, o grau de mineralização óssea aumentou conforme elevou-se a concentração de zinco ou de manganês na dieta, independente da fonte em que esses microminerais foram estudados (orgânica ou inorgânica). O método mais adequado para determinação do teor de zinco e de manganês é através da utilização de tíbias. Não há necessidade de extração de gordura da tíbia para determinação do teor de zinco ou de manganês e a análise pode ser realizada com menor tempo de execução sem detrimientos dos resultados.

APÊNDICE A - Valores médios semanais das características de desempenho de frangos de corte, conforme níveis de zinco na dieta

Variável	Zinco (mg/kg)								CV (%)	Nível de Significância
	0	Inorgânico		Orgânico						
		60	100	20	40	60	80	100		
1 dia de idade										
Peso Inicial (g)	45,20	45,20	45,20	45,20	45,20	45,20	45,00	45,60	1,97	ns
1 a 7 dias de idade										
PC (g)	179,53	175,26	182,26	174,69	177,71	172,71	177,51	186,51	6,74	ns
CR (g)	174,37	172,62	181,09	176,82	178,36	173,32	171,99	185,01	10,06	ns
GP (g)	134,33	130,06	137,06	129,49	132,51	127,51	132,51	140,91	8,87	ns
CA (g/g)	1,30	1,33	1,32	1,36	1,35	1,36	1,30	1,31	14,64	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	97,50	1,98	ns
8 a 14 dias de idade										
PC (g)	476,89	456,24	472,55	450,57	457,36	456,17	474,59	486,60	4,25	ns
CR (g)	379,77	355,04	367,64	359,80	364,00	358,26	358,61	369,18	7,58	ns
GP (g)	297,36	280,98	290,29	275,88	279,65	283,46	297,08	300,09	5,54	ns
CA (g/g)	1,28	1,26	1,27	1,30	1,30	1,26	1,21	1,23	7,40	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	97,50	97,50	97,50	97,50	100,00	3,84	ns
15 a 21 dias de idade										
PC (g)	886,04	874,70	901,09	870,43	885,27	888,43	903,27	923,75	3,88	ns
CR (g)	591,43	591,08	595,63	575,68	608,65	594,44	594,58	608,09	4,83	ns
GP (g)	409,15	418,46	428,54	419,86	427,91	432,26	428,68	437,15	5,90	ns
CA (g/g)	1,44	1,41	1,39	1,37	1,42	1,37	1,39	1,39	8,09	ns
VC (%)	100,00	97,50	97,50	100,00	95,00	100,00	100,00	100,00	3,84	ns
22 a 28 dias de idade										
PC (g)	1448,98	1440,37	1459,55	1437,78	1461,23	1433,72	1469,64	1504,52	4,44	ns
CR (g)	863,80	842,59	854,28	856,45	865,13	853,44	888,51	896,42	6,84	ns
GP (g)	562,94	565,67	558,46	567,35	575,96	545,29	566,37	580,77	9,47	ns
CA (g/g)	1,53	1,49	1,53	1,51	1,50	1,56	1,57	1,54	5,71	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	ns
29 a 35 dias de idade										
PC (g)	1929,25	1975,10	1971,74	1957,62	1955,01	1962,99	1964,96	2021,35	3,74	ns
CR (g)	955,78	1003,03	990,50	985,18	1001,84	1004,99	972,72	993,44	6,34	ns
GP (g)	480,27	534,73	512,19	519,84	493,78	529,27	495,32	516,83	12,54	ns
CA (g/g)	1,99	1,87	1,93	1,89	2,03	1,90	1,96	1,92	20,32	ns
VC (%)	100,00	100,00	96,67	96,67	100,00	100,00	96,67	96,67	5,15	ns
36 a 42 dias de idade										
PC (g)	2314,67	2398,74	2378,51	2397,57	2394,05	2359,68	2381,11	2434,70	5,75	ns
CR (g)	1040,41	1118,25	1109,37	1187,34	1179,43	1050,07	1130,29	1087,17	10,27	ns
GP (g)	385,42	423,64	406,77	439,95	439,04	396,69	416,15	413,35	10,72	ns
CA (g/g)	2,69	2,64	2,66	2,70	2,69	2,65	2,72	2,63	7,26	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	96,67	100,00	100,00	96,67	3,70	ns

PC (g) - Peso corporal; CR (g) - Consumo de ração; GP (g) - Ganho de peso; CA (g/g) - Conversão alimentar; VC (%) - Viabilidade; CV(%) - Coeficiente de variação; ns - Não significativo.

APÊNDICE B - Valores médios semanais das características de desempenho de frangos de corte, conforme níveis de manganês na dieta

Variável	Manganês (mg/kg)								CV (%)	Nível de Significância
	0	Inorgânico		Orgânico						
		65	105	25	45	65	85	105		
1 dia de idade										
Peso Inicial (g)	45,55	46,05	45,43	45,10	45,75	46,80	46,05	45,15	2,25	ns
1 a 7 dias de idade										
PC (g)	149,22	147,06	153,16	155,91	154,31	159,92	157,07	159,01	9,37	ns
CR (g)	138,47	135,53	148,19	147,21	142,66	149,23	149,19	148,47	10,24	ns
GP (g)	103,67	101,01	107,73	110,81	108,56	113,12	111,02	113,86	13,58	ns
CA (g/g)	1,33	1,34	1,37	1,33	1,31	1,32	1,34	1,30	12,63	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	ns
8 a 14 dias de idade										
PC (g)	442,80	430,77	450,87	430,45	440,62	455,18	459,19	459,88	5,39	ns
CR (g)	362,25	355,46	366,94	352,38	350,14	373,52	376,74	367,15	6,90	ns
GP (g)	293,58	283,71	297,71	274,54	286,31	295,26	302,12	300,87	6,54	ns
CA (g/g)	1,23	1,25	1,23	1,28	1,22	1,26	1,25	1,22	6,63	ns
VC (%)	100,00	100,00	97,50	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	1,98	ns
15 a 21 dias de idade										
PC (g)	877,29	860,57	923,59	859,06	875,46	916,55	883,80	902,41	4,63	ns
CR (g)	593,74	577,31	614,46	589,12	600,53	605,78	590,38	598,36	4,12	ns
GP (g)	434,49	429,80	472,72	428,61	434,84	461,37	424,61	442,53	8,68	ns
CA (g/g)	1,37	1,34	1,30	1,37	1,38	1,31	1,39	1,35	5,31	ns
VC (%)	100,00	100,00	97,50	100,00	100,00	97,50	100,00	100,00	2,78	ns
22 a 28 dias de idade										
PC (g)	1376,53	1394,04	1470,56	1381,96	1394,86	1458,00	1421,34	1439,24	4,71	ns
CR (g)	824,32	851,55	879,62	851,41	838,18	883,82	873,46	869,26	5,63	ns
GP (g)	499,24	533,47	546,97	522,90	519,40	541,45	537,54	536,83	7,97	ns
CA (g/g)	1,65	1,60	1,61	1,63	1,61	1,63	1,62	1,62	7,20	ns
VC (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	ns
29 a 35 dias de idade										
PC (g)	1929,53	1986,46	2012,96	1909,20	1926,02	1981,32	1924,92	2008,55	4,88	ns
CR (g)	959,49	1010,98	949,15	956,30	930,16	929,68	913,85	964,50	7,30	ns
GP (g)	553,00	592,42	542,36	527,24	531,16	523,32	503,58	569,31	14,83	ns
CA (g/g)	1,73	1,71	1,75	1,83	1,75	1,78	1,81	1,69	11,56	ns
VC (%)	96,67	90,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,67	5,70	ns
36 a 42 dias de idade										
PC (g)	2338,45	2438,30	2445,79	2341,03	2357,99	2394,88	2349,68	2436,28	4,15	ns
CR (g)	958,30	1031,03	1016,47	965,71	965,06	977,27	961,66	987,28	5,66	ns
GP (g)	408,92	441,84	432,83	431,83	431,97	413,56	424,76	427,73	11,99	ns
CA (g/g)	2,34	2,33	2,35	2,24	2,23	2,36	2,26	2,31	8,89	ns
VC (%)	96,67	100,00	96,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	5,31	ns

PC (g) - Peso corporal; CR (g) - Consumo de ração; GP (g) - Ganho de peso; CA (g/g) - Conversão alimentar; VC (%) - Viabilidade; CV(%) - Coeficiente de variação; ns - Não significativo.