

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MINERAIS ORGÂNICOS EM DIETAS DE PINTAINHAS DE POSTURA
COMERCIAL

WALESKA ROCHA LEITE DE MEDEIROS

RECIFE – PE

JULHO – 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MINERAIS ORGÂNICOS EM DIETAS DE PINTAINHAS DE POSTURA
COMERCIAL

WALESKA ROCHA LEITE DE MEDEIROS

Zootecnista

RECIFE – PE
JULHO – 2017

WALESKA ROCHA LEITE DE MEDEIROS

**MINERAIS ORGÂNICOS EM DIETAS DE PINTAINHAS DE POSTURA
COMERCIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção animal

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello – Orientador

Prof^{da}. Dr^a. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke – Co-orientadora

Prof^{da}. Dr^a. Mércia Rodrigues Barros – Co-orientadora

RECIFE – PE

JULHO – 2017

**MINERAIS ORGÂNICOS EM DIETAS DE PINTAINHAS DE POSTURA
COMERCIAL**

WALESKA ROCHA LEITE DE MEDEIROS

Dissertação aprovada em ____/____/____

Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke

Prof^a Dr^a - UFRPE

Claudia da Costa Lopes

Prof^a Dr^a - UFAM

Carlos Bôa Viagem Rabello

Prof. Dr. – UFRPE

Orientador

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Waleska Rocha Leite de Medeiros, filha de Raimundo Nonato Rocha de Medeiros e Linêlda Leite de Medeiros, nasceu em Recife-PE, no dia 10 de abril de 1989. Coursou o ensino médio no colégio Anglo Líder, localizado no bairro do Cordeiro, em Recife, concluindo-o em dezembro de 2005. Iniciou a graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em agosto de 2007, onde foi integrante do Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIC/UFRPE) no ano de 2009 e do Programa Institucional de Bolsista de Iniciação Científica (PIBIC/FACEP) entre os anos de 2010 a 2012. Concluiu a graduação em dezembro de 2012 e, no ano seguinte, começou a trabalhar na empresa Agrotec Tecnologia em Agronegócio LTDA, no cargo de representante técnica de vendas, permanecendo até o ano de 2015, ano em que submeteu-se à seleção de mestrado pela UFRPE, na qual foi aprovada. Em 2015 iniciou o mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na área de Produção e Nutrição de Não-Ruminantes com bolsa pela Capes.

A Deus, pela minha existência, e por estar sempre guiando meus passos,

Aos meus pais, Raimundo Nonato e Linêlda Leite, que sempre me apoiaram e acreditaram em minha capacidade, e de quem provém todo conceito de amor e família,

Ao meu esposo, Rogério Ventura, companheiro de todos os momentos, e que sempre esteve ao meu lado, dando-me forças e não me deixando desanimar,

E ao meu filho, Bernardo Ventura de Medeiros, que ainda no ventre, mas já muito amado, tornou-se o meu melhor motivo de viver.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização da minha Pós-Graduação.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa Zinpro Performance Minerals®, pelo financiamento da pesquisa.

Ao Prof. Carlos Bôa-Viagem, pela orientação, incentivo e todo apoio fornecido durante minha vida acadêmica.

À professora Mércia Barros, que sempre me acolheu com seu jeito meigo, dando palavras de apoio e incentivo.

Aos professores Maria do Carmo Ludke, Pierre Castro e Valdemiro Júnior, pela cooperação, sugestões e ensinamentos.

Aos meus amigos do apartamento 104, Heraldo Bezerra, Andresa Faria e Camilla Gomes, por toda ajuda durante esse período. Não teria conseguido sem vocês, podem ter certeza de que serei sempre grata.

A todos os colegas do grupo de avicultura: Jaqueline, Elayne, Elainy, Camila, Almir, Júlia, Roberta, Guilherme, Marcos, Dayane, Bruna, Daniela, Bruno e Rayana: muito obrigada a todos pela ajuda.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
INTRODUÇÃO	11
REVISÃO DE LITERATURA	13
1. <i>Importância dos microminerais para aves</i>	13
1.1 <i>Cobre</i>	13
1.2 <i>Zinco</i>	14
1.3 <i>Manganês</i>	16
2. <i>Minerais orgânicos</i>	17
3. <i>Biodisponibilidade de microminerais para aves</i>	19
4. <i>Desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo</i>	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
Avaliação do uso de minerais orgânicos em dietas de pintainhas de postura comercial	27
RESUMO	27
Evaluation of organic minerals usage in diets for commercial small chicks	28
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	30
<i>Local do Experimento e Manejo dos Animais</i>	30
<i>Delineamento e Dietas Experimentais</i>	31
<i>Parâmetros Avaliados</i>	34
Avaliação das Medidas de Desempenho.....	34
Coleta e Avaliação do Peso e comprimento dos Órgãos	34
Análise de Resistência Óssea e Índice de Seedor	34
<i>Análise Estatística</i>	35
RESULTADOS	36
DISCUSSÃO.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE FIGURAS

1	
2	Figura 1: Médias diárias de temperatura e umidade durante o período experimental.....31
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	

19
20
21
22
23
24
25
26
27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos premixes inorgânicos e do produto comercial utilizados nas dietas experimentais.....	32
Tabela 2. Suplementação por quilo de premix mineral inorgânico	32
Tabela 3. Composição das dietas utilizadas durante o período experimental	33
Tabela 4. Efeito dos minerais orgânicos no desempenho de pintainhas de postura comercial	36
Tabela 5. Peso dos órgãos e comprimento do intestino de pintainhas de postura com 35 dias	36
Tabela 6. Parâmetros ósseos das pintainhas de postura com 35 dias	37

INTRODUÇÃO

40

41 O desempenho de poedeiras comerciais vem apresentando crescimento substancial
42 nos últimos anos, incentivando a busca por tecnologias nutricionais promissoras que ajudem a
43 maximizar a produtividade. Um dos pontos críticos na cadeia de produção de ovos está
44 relacionado às fases iniciais de criação, que é marcada pelo predomínio do crescimento ósseo
45 e muscular. Nesta etapa, a ave deve apresentar bom desempenho corporal, visto que está
46 diretamente correlacionada com a produtividade futura (SANTOS, 2014).

47 A correlação entre a fase inicial com a fase produtiva em aves de postura foi
48 evidenciada por Udeh (2007) ao classificar pintainhas com três semanas de vida de acordo
49 com seu peso corporal e monitorá-las até a produção, em que pode observar que aves mais
50 leves na fase de cria apresentaram ovos menores durante sua produção, quando comparadas às
51 aves mais pesadas. Deste modo, para garantir uma máxima produtividade, torna-se evidente a
52 importância no desempenho das aves nas fases de crescimento, período este em que os macro
53 e microelementos minerais estão entre os nutrientes essenciais para o desenvolvimento do
54 animal.

55 Os primeiros estudos sobre necessidades e fontes minerais para rações de aves datam
56 da década de 20, quando Kennard et al. (1922) avaliaram a suplementação mineral em rações
57 de aves à base de milho e farelo de soja, definindo a essencialidade dos minerais. A
58 importância desta utilização aumentou nos últimos anos devido a uma série de fatores
59 relacionados à produção e manejo, tais como: melhoramento genético, alta precocidade,
60 elevada produção de ovos, redução no uso de farinhas de origem animal nas rações e uso de
61 rações à base de ingredientes vegetais, pobres em minerais; podendo esse conjunto de fatores
62 acarretar deficiências nutritivas (BERTECHINI, 2006).

63 Os microminerais são de grande importância na alimentação das aves, participando de
64 uma série de processos bioquímicos essenciais ao crescimento e ao desenvolvimento,
65 destacando a formação óssea (BRITO et al., 2006) e da casca dos ovos (XIÃO et al., 2014).
66 Dentre esses micros, podemos citar o zinco (Zn), o manganês (Mn) e o Cobre (Cu) que
67 mesmo sendo requeridos em pequenas quantidades, estão envolvidos em diversos processos
68 metabólicos importantes do animal. Por outro lado, geralmente apresentam baixa absorção no
69 trato digestivo, devido à formação de complexos com outras substâncias. Esse fato contribui
70 para a busca por fatores que proporcionem maior rapidez na absorção dos minerais,
71 resultando em melhorias quantitativas e qualitativas na produção avícola.

72 Tendo em vista as perspectivas de maior biodisponibilidade em relação a fontes
73 convencionais, os microminerais sob a forma de complexo orgânico (“mineral orgânico”)
74 vêm sendo pesquisados (BRITO et al., 2006). Partindo do pressuposto de que são mais
75 facilmente absorvidos e retidos pelas aves, os minerais ligados a substâncias orgânicas podem
76 ser utilizados a uma concentração bem mais baixa na dieta quando comparados aos
77 tradicionais, sem prejudicar o desempenho produtivo, além de potencialmente reduzir a
78 excreção mineral (NOLLET et al., 2007).

79 No entanto, os resultados encontrados na literatura em relação a esta adição em dietas
80 para poedeiras ainda são controversos (SALDANHA *et al.*, 2009), necessitando que mais
81 estudos sejam conduzidos para observar a influência desses minerais na forma orgânica sobre
82 parâmetros produtivos em aves de postura comercial.

83

85 **1. Importância dos microminerais para aves**

86 Os minerais constituem parte importante no organismo animal, representando cerca de
87 3 a 4% do custo de produção, sendo assim os microminerais contribuem com 0,3 a 0,4% deste
88 custo (GRAÑA, 2008). Os microelementos minerais necessitam de atenção especial na dieta
89 dos animais de produção por serem obrigatórios em todas as fases, principalmente porque as
90 matérias-primas bases na formulação das rações (milho e soja) são deficientes nestes
91 nutrientes.

92 A maioria dos microminerais está associada direta ou indiretamente com as fases
93 iniciais de desenvolvimento das aves de postura, pois são responsáveis pelo maior
94 crescimento proporcional do esqueleto (BRITO et al., 2006). O Zn, Mn e o Cu também
95 influenciam a matriz orgânica da casca dos ovos e, conseqüentemente, suas propriedades
96 mecânicas (SANTOS, 2014). Além destas funções específicas, estes microelementos possuem
97 outras funções que são imprescindíveis ao crescimento das aves, como a participação no
98 metabolismo de carboidratos, síntese de proteínas, ácidos nucleicos, além de atuarem como
99 cofatores de inúmeras enzimas (VIEIRA, 2008).

100 **1.1 Cobre**

101 O cobre é um dos metais mais antigos utilizados pelo homem, podendo ser encontrado
102 na natureza em sua forma livre, porém, em maior proporção com compostos na forma de Cu
103 +1 (cuproso) ou +2 (cúprico) em seu estado oxidado (GRAÑA, 2008).

104 É um elemento necessário para a respiração celular, formação óssea, função cardíaca,
105 desenvolvimento de tecido conjuntivo, mielinização do sistema nervoso central,
106 queratinização e pigmentação de tecidos, sendo componente essencial de muitas metalo-
107 enzimas (SCOTTÁ et al., 2014).

108 Na respiração celular, é componente da metaloenzima citocromo oxidase, responsável
109 por transportar elétrons durante a respiração aeróbica, catalisando a redução do O₂ a H₂O com
110 formação de ATP (MCDOWELL, 1992). Já na formação do tecido conjuntivo, atua como
111 integrante da enzima lisil oxidase, essencial para ligação do colágeno e da elastina. A
112 deficiência nessa enzima leva à formação defeituosa do colágeno, com diminuição da
113 resistência mecânica dos ossos. Além disso, é um componente essencial da enzima
114 superóxido dismutase, presente no citoplasma de todas as células, cuja função é neutralizar os

115 radicais superóxidos produzidos pelos osteoclastos durante a reabsorção óssea (CONSOLO,
116 2008).

117 O cobre também participa na síntese da hemoglobina atuando como catalisador na sua
118 formação. Este elemento tem papel importante na absorção e mobilização do ferro, pois a
119 ceruloplasmina ferroxidase, que é sintetizada no fígado, e contém Cu, permite a união do Fe
120 com sua proteína transportadora denominada transferrina (SCOTTÁ et al., 2014). A
121 ceruloplasmina é a principal proteína transportadora do cobre na circulação sistêmica, pois
122 quase 90% do Cu no plasma está na forma da metaloproteína (MCDOWELL, 1992).

123 A maior concentração de cobre no organismo animal se verifica no fígado. Entretanto,
124 sua concentração nos tecidos varia de acordo com a espécie, idade e o estado nutricional do
125 animal (DOMINGUES et al, 2001). Quanto a absorção, a maior parte ocorre na mucosa do
126 duodeno, região do intestino que apresenta menor pH, proporcionando ao mineral maior grau
127 de solubilidade (MAIORKA; MACARI, 2002).

128 Durante sua absorção, o cobre interage com o zinco. Isso ocorre, pois, quando há
129 excesso de zinco dietético, haverá um aumento na síntese da metalotioneína, proteína que tem
130 como propriedade se ligar a minerais protegendo o organismo dos possíveis efeitos tóxicos
131 dos mesmos (COUSINS, 1994). Esta proteína apresenta maior afinidade pelo cobre e menor
132 para o zinco, sendo um fator regulador da absorção de Zn ao nível do enterócito. Pelo fato do
133 cobre possuir maior afinidade pela metalotioneína, este ficará retido no interior do enterócito,
134 impedido de passar para a circulação sendo posteriormente excretado (COZZOLINO, 1997).

135 A deficiência de cobre no animal pode acarretar anemia, déficit no crescimento,
136 distúrbios gastrointestinais, desordens ósseas como osteoporose e ossos frágeis e quebradiços,
137 e defeito das ligações cruzadas do colágeno, prejudicando a mineralização óssea, devido à
138 ação reduzida na atividade da lisil oxidase (MCDONALD et al., 2010).

139 A ingestão de altos níveis deste elemento por parte das aves aumenta sua concentração
140 nas fezes, o que inibe a fermentação normal das excretas provocando um acúmulo deste
141 mineral no solo tornando-se uma preocupação ambiental (LIM; PAIK, 2003).

142 ***1.2 Zinco***

143 Atualmente são conhecidas mais de 200 proteínas contendo zinco em sua constituição.
144 Este elemento está envolvido no metabolismo dos carboidratos, proteínas, e lipídios,
145 participando de outros importantes papéis como a secreção de hormônios, produção de
146 queratina, síntese de colágeno e ácidos nucleicos na pele, dessa forma, a firmeza deste tecido

147 está altamente correlacionada ao conteúdo de colágeno presente (SCOTTÁ et al., 2014). O
148 zinco é o micromineral mais abundante no meio intracelular estando envolvido em várias
149 funções catalíticas, estruturais e reguladoras (CONSOLO, 2008).

150 O zinco é co-fator da enzima anidrase carbônica responsável por controlar a
151 transferência de íons bicarbonato do sangue para a glândula da casca. A adição da forma
152 orgânica desse mineral comparada ao óxido de zinco para aves de postura provoca uma
153 redução nos problemas que normalmente acometem as cascas dos ovos, por aumentar a
154 resistência à quebra, visto que maior concentração de zinco será absorvida na forma orgânica
155 (NUNES et al., 2013). A anidrase também atua na calcificação dos ossos e é essencial para a
156 integridade do sistema imune (SCOTTÁ et al., 2014).

157 O zinco já foi encontrado em todos os tecidos do corpo animal. O elemento tende a
158 acumular-se nos ossos em vez do fígado, que é o principal órgão de armazenamento de muitos
159 dos outros minerais, entretanto, também foram encontradas concentrações elevadas na pele,
160 cabelo e lã dos animais (MCDONALD et al., 2010)

161 Brito et al. (2006) relataram que os ossos, por serem o local de reserva do zinco no
162 corpo, é um importante indicador de possíveis deficiências ou problemas futuros na postura.
163 A reabsorção óssea deste mineral poderá ocorrer a partir do fornecimento de dietas deficientes
164 em zinco ou com a inclusão de fontes deste elemento para poedeiras que apresentem baixa
165 disponibilidade, visto que os níveis de Zn no ovo (casca e gema) são elevados.

166 A absorção do zinco depende de vários fatores, incluindo a solubilidade dos
167 compostos no local de absorção, presença de enzimas transportadoras e, principalmente, das
168 necessidades do organismo. Ele é absorvido em toda a extensão do intestino delgado e em
169 pequenas porções no estômago. Essas pequenas quantidades sinalizam ao fígado a
170 necessidade de produzir enzimas transportadoras teciduais e intracelulares (CONSOLO,
171 2008).

172 Além do cobre, o zinco também sofre interação com outros elementos, tais como o
173 ferro e a vitamina A. O aumento de ferro na dieta pode interferir na biodisponibilidade de
174 zinco ou vice-versa, sendo esta uma relação direta. Experimentos realizados com ratos em
175 laboratório demonstrou que o aumento da concentração de ferro na dieta interferiu
176 negativamente no aproveitamento de zinco (PEDROSA; COZZOLINO, 1993).

177 A deficiência de zinco em aves pode acarretar em crescimento retardado,
178 anormalidade nos pés ou penas, paraqueratose e anormalidades ósseas. Sua deficiência é
179 comum ocorrer em animais jovens e intensamente alojados (MCDONALD et al., 2010).

180 Na literatura são encontrados trabalhos com a suplementação de zinco na dieta,
181 avaliando os parâmetros de qualidade de ovos e desempenho em aves. Yildiz et al. (2006),
182 estudando a suplementação de zinco na alimentação de codornas japonesas, observaram um
183 aumento no peso dos ovos, espessura e peso das cascas e da gema, para os níveis de
184 suplementação com 30 e 60 mg kg⁻¹.

185 *1.3 Manganês*

186 O manganês é um micromineral necessário para a atividade enzimática, metabolismo
187 de lipídeos, carboidratos e funcionamento adequado dos processos reprodutivos tanto em
188 fêmeas quanto em machos (GRAÑA, 2008). Também se destaca na síntese do sulfato de
189 condroitina, componente da matriz orgânica óssea, e da protombina, que promove o
190 desenvolvimento das cartilagens (BERTECHINI, 2012). O Mn atua na formação da
191 membrana da casca dos ovos (GERALDO et al., 2012) e dos ossos longos (NUNES et al.,
192 2013).

193 A quantidade de manganês presente no corpo do animal é extremamente pequena. A
194 maioria dos tecidos contém traços do elemento, sendo as concentrações mais altas nos ossos,
195 fígado, rins e pâncreas (MCDONALD et al., 2011). A absorção ocorre em toda a extensão do
196 intestino delgado. Em todas as espécies ela é relativamente baixa, em torno de 4%, e
197 influenciada pela presença de outros minerais especialmente, cálcio, fósforo e ferro (SCOTTÁ
198 et al., 2014).

199 É importante salientar que a formação e o desenvolvimento dos ossos longos são
200 essenciais para o desempenho das poedeiras comerciais, visto que problemas ósseos na fase
201 de produção são responsáveis por perdas, devido a altos índices de mortalidade e problemas
202 como má qualidade da casca dos ovos.

203 Devido à baixa absorção deste mineral, outras formas mais biodisponíveis estão sendo
204 estudadas. Gravena et al, (2011), ao suplementarem dietas para codornas japonesas com
205 manganês orgânico, observou que esse mineral foi capaz de influenciar significativamente a
206 espessura e qualidade da casca, explicando que este fato pode ser justificado pela participação
207 dele como cofator de metaloenzimas responsáveis pela síntese de carbonatos e
208 mucopolissacarídeos presentes na casca do ovo.

209 O manganês é um elemento importante na dieta de pintos jovens, visto que sua
210 deficiência leva à perose, malformação dos ossos da perna. No entanto, a deficiência do Mn
211 não é o único fator que acarreta esse problema, pois a perose em aves jovens pode ser

212 agravada por altas ingestões dietéticas de cálcio e fósforo ou até mesmo deficiência de colina.
213 Em aves reprodutoras, a deficiência deste mineral reduz eclodibilidade e a espessura da casca,
214 e em pintos provoca retração da cabeça (MCDONALD et al., 2010). Outros sintomas de
215 deficiência são redução de crescimento e anormalidades ósseas (SCOTTÁ et al., 2014).

216 Quanto ao antagonismo, o manganês compete com o ferro e cobalto em relação à
217 absorção intestinal, devido à semelhança entre os mecanismos de absorção
218 (RUTZ;MURPHY, 2009).

219 **2. *Minerais orgânicos***

220 Nos últimos anos, intensificaram-se pesquisas sobre o uso dos minerais orgânicos na
221 avicultura mundial, tendo-se em vista perspectivas de maior biodisponibilidade em relação a
222 fontes inorgânicas convencionais, melhorando o desempenho e reduzindo a excreção dos
223 microminerais potencialmente poluidores ambientais (GERALDO et al., 2012).

224 As denominações de minerais orgânicos ainda são muito amplas e, frequentemente,
225 geram dúvidas quando a tomada de decisões torna-se necessária (VIEIRA, 2008). Rutz &
226 Murphy (2009) definem os minerais orgânicos como sendo íons metálicos ligados
227 quimicamente a uma molécula orgânica.

228 As fontes orgânicas existem sob várias formas, como o quelato metal-aminoácido,
229 metal proteinado, complexo aminoácido específico e complexo de aminoácido-metal. O
230 quelato metal-aminoácido e o metal proteinado são quelações entre um sal solúvel com
231 aminoácidos ou proteína hidrolisada. A proporção molar é de um mol de um sal solúvel com
232 2 ou 3 moles de um aminoácido. Por outro lado, os complexos de aminoácido específico ou
233 de aminoácido-metal consistem num aminoácido específico ou livres complexados com um
234 sal metálico solúvel numa proporção molar de 1:1. A combinação de um íon metálico
235 complexado com aminoácidos pode explicar a maior utilização do mineral pela ave em
236 comparação com proteínas de metal e fontes minerais inorgânicas (BURREL et al., 2004;
237 DOZIER et al., 2003).

238 Normalmente na alimentação de aves, os minerais são utilizados na forma inorgânica
239 como sulfatos, óxidos e carbonatos, apresentando baixa biodisponibilidade (SILVA et al.,
240 2015). No trato gastrointestinal, eles necessitam ser solubilizados em forma iônica para serem
241 absorvidos, contudo, tais formas podem interagir com outros componentes dietéticos,
242 tornando-os indisponíveis para o animal. A partir dessa situação, são fornecidas elevadas
243 concentrações nas dietas, resultando em suplementação excessiva e desnecessária agravando o

244 impacto ambiental. Dessa forma, grandes quantidades de minerais que não foram digeridos
245 serão excretados, causando poluição ambiental (CLOSE, 2003).

246 Nesse sentido, buscam-se práticas a fim de reduzir tais níveis sem comprometer a
247 nutrição dos animais e a qualidade dos produtos gerados. Por essa razão, há um crescente
248 interesse pelos minerais orgânicos, que por serem mais biodisponíveis proporcionam
249 vantagens metabólicas, pois escapam dos fatores influenciáveis na sua utilização e absorção,
250 podendo, portanto, serem incluídos em níveis mais baixos sem comprometer o desempenho
251 (CLOSE, 2003).

252 Maciel et al. (2010), ao suplementarem dietas com 50% de minerais (Zinco, Cobre e
253 Manganês) na forma orgânica, observaram um aumento no peso dos ovos e menor perda
254 através da quebra de ovos com galinhas poedeiras comerciais, porém, não encontraram efeitos
255 no consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar e porcentagem de casca.

256 A não observância de melhores resultados significativos, para alguns parâmetros de
257 qualidade de ovos, fornecendo fontes orgânicas, em contraposição aos resultados favoráveis,
258 pode ser explicada não só pelo possível excesso de suplementação dos microminerais, como
259 por diferenças nas fontes orgânicas e níveis utilizados (SALDANHA *et al.*, 2009).

260 Mabe et al. (2003) relatam que é possível aumentar os níveis de Mn e Zn na gema dos
261 ovos elevando seus níveis dietéticos, encontrando um efeito substancial para o manganês
262 (aumento de 47%) e menos pronunciado para o zinco (aumento de 10%). No entanto, essa
263 resposta não foi influenciada pela fonte (orgânica versus inorgânica).

264 Por outro lado, Boiago et al. (2013), avaliando o desempenho de frangos de corte
265 alimentados com dietas contendo diferentes fontes de microminerais, percebeu que a
266 utilização da fonte orgânica ocasionou melhora no ganho de peso e na viabilidade do lote em
267 relação às aves que receberam a fonte inorgânica. Essa melhora na viabilidade pode ser
268 explicada pela melhor utilização destes minerais na forma orgânica.

269 Paik et al. (1999) avaliaram a suplementação de fontes orgânicas (Cu-Met) e
270 inorgânicas (CuSO₄). Esses autores observaram que pintinhos com cinco semanas
271 suplementados com quelato Cu-metionina (125 ppm) obtiveram maior ganho de peso diário
272 do que os animais que receberam sulfato de cobre na ração; observaram, também, que o cobre
273 proveniente da fonte orgânica foi melhor absorvido, pois, menor quantidade deste mineral foi
274 encontrada nas excretas das aves. O Cu-Met proporcionou maior acúmulo de Cu no músculo
275 do peito e menor no fígado comparado à fonte inorgânica.

276 No segmento de postura do setor avícola, uma característica de grande importância
277 econômica é a redução na perda de ovos e aumento da resistência das cascas. Stefanello et al.
278 (2014), avaliando o efeito dos minerais orgânicos (Zn, Cu e Mn), observaram uma melhora
279 nas características de qualidade e ultraestrutura das cascas dos ovos, resultando em menores
280 perdas e aumento de resistência da casca. Relataram, também, que o Cu, particularmente,
281 pode melhorar a membrana da casca e o Zn e o Mn participar tanto da fração orgânica como
282 inorgânica das cascas, resultando em ovos de melhor qualidade.

283 Nunes et al. (2013), trabalhando com níveis de suplementação mineral, observaram
284 maior peso do ovo e das cascas ao fornecer minerais orgânicos. A adição do zinco na forma
285 orgânica à dieta, comparada com óxido de zinco, proporciona uma redução nos problemas de
286 casca do ovo, por aumentar a resistência à quebra e a atividade da anidrase carbônica,
287 principal enzima responsável pela síntese de carbonato de cálcio para a formação da casca do
288 ovo. Entretanto, ao utilizar os mesmos níveis de minerais orgânicos em substituição dos
289 inorgânicos obtiveram maior peso dos ovos no tratamento utilizando minerais inorgânicos.

290 Portanto, não se torna conveniente utilizar os mesmos níveis de minerais orgânicos em
291 substituição aos inorgânicos, pois tanto as deficiências como o excesso de minerais na dieta
292 podem proporcionar desequilíbrio mineral, prejudicando a absorção de nutrientes e o
293 desempenho animal (ARAUJO et al., 2008).

294 **3. Biodisponibilidade de microminerais para aves**

295 O termo biodisponibilidade foi proposto inicialmente para a área farmacológica,
296 visando estabelecer a proporção em que determinada droga intacta alcança a circulação e a
297 razão na qual isso ocorre (COZZOLINO, 1997).

298 Entretanto, a presença do nutriente na dieta não garante sua utilização no organismo.
299 Dessa forma, Pasa (2010) cita esse termo como sendo a fração do mineral que realmente é
300 absorvida e utilizada pelo animal, sempre se referindo ao valor de outro produto usado como
301 padrão.

302 Alguns fatores podem interferir a biodisponibilidade dos minerais, tais como a
303 quantidade ingerida, pois o organismo tende a manter sua homeostase e geralmente absorve
304 mais quando suas reservas estão diminuídas e menos em condições de excesso; a matriz
305 alimentar, em que os alimentos ricos em fibra podem não disponibilizar os minerais para a
306 absorção; fatores relacionados aos indivíduos, em relação ao sexo, idade e etapa de
307 desenvolvimento fisiológico e interações entre os minerais (COZZOLINO, 1997).

308 Outra característica que também deve ser levada em consideração, pois afeta a
309 biodisponibilidade do mineral, é o grau de ligação ou intensidade na qual o agente ligante
310 permanece vinculado ao metal (CAO et al., 2000).

311 As fontes minerais utilizadas nas rações de poedeiras são geralmente oriundas de
312 compostos inorgânicos, utilizados comumente para confecção de rações na forma natural ou
313 através de misturas denominada premix, a fim de complementar os níveis de minerais
314 fornecidos pelas matérias primas utilizadas (ARAÚJO et al, 2008). A aplicação de
315 microminerais com maior biodisponibilidade pode ser mais eficiente em fases de maior
316 desenvolvimento da ave de postura, onde há intenso metabolismo celular e enzimático e
317 consequente necessidade de minerais como cofatores (SANTOS, 2014).

318 Os resultados de biodisponibilidade de fontes orgânicas e inorgânicas são variados.
319 Lee et al. (2001) observaram um aumento na concentração sanguínea de cobre e zinco em
320 frangos de corte, bem como uma diminuição na concentração desse mineral nas excretas
321 quando foram utilizadas fontes quelatadas de minerais nas rações. Os autores concluíram
322 assim, que as suplementações com essas fontes são mais biodisponíveis e podem ser
323 suplementadas em menores concentrações nas dietas quando comparadas com suplementação
324 inorgânica.

325 Ao et al. (2009) verificaram o efeito do fornecimento de fontes orgânicas e inorgânicas
326 de Zn e Cu sobre o desempenho e a deposição tecidual. A suplementação de Zn aumentou o
327 ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e o teor de Zn nas tíbias independente
328 da fonte utilizada. A fonte orgânica proporcionou maior concentração deste elemento nas
329 tíbias, quando comparada à fonte inorgânica. A concentração de Cu inorgânico no fígado
330 diminuiu com a adição de Zn dietético. O conteúdo de Zn e Cu na mucosa intestinal aumentou
331 com o fornecimento das fontes orgânicas. Desse modo, os dados sugerem que existiu um
332 antagonismo entre Zn e Cu quando utilizadas as formas inorgânicas, o que não ocorreu com
333 as formas orgânicas destes minerais quando incluídas numa dieta para pintos.

334 Em galinhas poedeiras, a maior biodisponibilidade atribuída aos microminerais na
335 forma orgânica ajuda a favorecer a maior eficiência nos processos metabólicos e fisiológicos
336 de formação da casca e qualidade dos ovos, uma vez que aves mais velhas apresentam menor
337 capacidade de absorção intestinal de nutrientes (SANTOS, 2014).

338 A maior biodisponibilidade atribuída aos minerais orgânicos pode ser explicada pelo
339 fato de serem absorvidos pelo mesmo mecanismo de absorção dos peptídeos e aminoácidos
340 em vez do mecanismo de transporte ativo utilizado pelos minerais (MCDONALD et al.,

341 2010). Assim sendo, reduz a competição existente entre os sítios de absorção, além de evitar a
342 formação de complexos insolúveis.

343 A utilização das formas orgânicas até então sofre com barreiras que impedem a
344 substituição total das fontes inorgânicas devido ao seu custo. Entretanto, a substituição parcial
345 vem sendo bastante aplicada. Sugere-se que os minerais orgânicos forneçam um suprimento
346 extra do elemento quando há uma eficiência reduzida dos inorgânicos, devido a interferências
347 de outros minerais (MCDONALD et al., 2010).

348 **4. *Desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo***

349 O tecido ósseo é um tipo de tecido formado por células e material extracelular
350 calcificado, a matriz óssea. O osso é constituído de 20% de matriz orgânica, 10% de água e
351 70% de materiais inorgânicos. O colágeno é o principal componente da matriz orgânica,
352 compreendendo cerca de 90% (RATH et al., 2000).

353 O tecido ósseo aloja e protege a medula óssea, formadora das células sanguíneas e
354 funciona como depósito para minerais armazenando-os ou liberando-os de maneira
355 controlada. Este tecido é formado por três tipos de células: os osteoblastos, que geralmente
356 estão localizados na periferia do tecido ósseo já formado, tendo como função secretar a parte
357 orgânica da matriz e após serem aprisionados pela matriz óssea são denominados osteócitos e
358 situam-se em lacunas no interior da matriz óssea ajudando a manter a homeostase do cálcio.
359 Por fim, os osteoclastos que são células de grande porte móveis que participam da reabsorção
360 do tecido ósseo (MONTANARI, 2016).

361 A formação óssea poderá ocorrer de duas maneiras, através da ossificação endocondral
362 que se desenvolve a partir da cartilagem, ocorrendo na maior parte dos ossos longos, e a
363 intramembranosa, sem intervenção da cartilagem, ocorrendo principalmente nos ossos
364 achatados (REECE, 2008).

365 O tecido ósseo pode ser classificado em primário ou secundário. O tecido ósseo
366 primário é o primeiro a ser elaborado, sendo posteriormente substituído pelo secundário.
367 Possui maior quantidade de células e de substância fundamental, sendo pouco mineralizado, e
368 as fibras colágenas não apresentam uma organização definida, o que torna esse osso mais
369 fraco. O tecido ósseo secundário é mais calcificado e as fibras colágenas estão dispostas
370 paralelamente, tornando a matriz resistente (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013).

371 O crescimento ósseo ocorre em regiões de cartilagens especializadas, localizadas em
372 ambas as epífises dos ossos longos, denominadas placas de crescimento que compreendem os
373 condrócitos e a matriz extracelular (FARQUHARSON; JEFFERIES, 2000).

374 Segundo Pizauro Júnior (2002), a cartilagem epifisária pode ser dividida em zonas de
375 reserva, proliferação, maturação, hipertrófica e de calcificação, possuindo algumas
376 características, tais como: zona de reserva que apresenta condrócitos dispersos e inativos;
377 zona de proliferação que é a região em que acontece maior parte das divisões celulares; zona
378 de maturação, que se refere ao local que a fosfatase alcalina começa a aparecer e ocorre a
379 maturação dos condrócitos; zona hipertrófica, em que contem condrócitos aumentados de
380 volume pelo acúmulo de glicogênio e a zona de calcificação que refere-se a região que os
381 condrócitos sofrem degeneração e que também ocorre o depósito de fosfato de cálcio no
382 interior das vesículas.

383 O crescimento mais rápido do sistema esquelético, tanto em comprimento quanto em
384 largura ocorre nas duas primeiras semanas de vida das aves. No nascimento, a mineralização
385 do esqueleto é pobre, tornando-se necessário o fornecimento de uma quantidade elevada de
386 minerais e/ou que apresentem maior disponibilidade, durante os primeiros dias após o
387 nascimento para o adequado crescimento e mineralização. Contudo, o consumo de ração
388 durante esse período é baixo, representando um desafio para o fornecimento de nutrientes
389 críticos responsáveis pelo crescimento esquelético (ANGEL, 2007).

390 Surgindo mais uma vez a necessidade de aplicação de uma estratégia nutricional, que é
391 o fornecimento dos minerais orgânicos nesta fase de produção, visto que por serem
392 aproveitados com melhor eficácia descartam a possibilidade de aumento nos níveis de
393 minerais provenientes de fontes inorgânicas na dieta, reduzindo problemas que seriam
394 gerados pelo excesso destes elementos.

395

- 397 ANGEL, R. Metabolic Disorders: Limitations to Growth of and Mineral Deposition into the
398 Broiler Skeleton after Hatch and Potential Implications for Leg Problems. **Appl. Poult.**
399 **Res.** 16: 138-149, 2007.
- 400 AO, T.; PIERCE, J.L.; POWER, R., et al. Effects of feeding different forms of zinc and
401 copper on the performance and tissue mineral content of chicks. **Poultry Science.** 88:
402 2171-2175, 2009.
- 403 ARAUJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMANCIO, A.L.L., et al. Fontes de minerais para poedeiras.
404 **Acta Veterinaria Brasilica.** 3: 53-60, 2008.
- 405 BAKER, D.H.; ODLE, J.; FUNK, M.A., et al. Research Note: Bioavailability of Copper in
406 Cupric Oxide, Cuprous Oxide, and in a Copper-Lysine Complex. **Poultry Science,** 70:
407 177, 1991.
- 408 BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos.** V.1. p. 302. Ed. Ufla. Lavras – MG, 2006.
409 _____ . **Nutrição de monogástricos.** V.2, p. 209-212, 239-254, 2012.
- 410 BOIAGO, M.M.; BORBA, H.; SOUZA, P.A., et al. Desempenho de frangos de corte
411 alimentados com dietas contendo diferentes fontes de selênio, zinco e manganês, criados
412 sob condições de estresse térmico. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 65: 241-247, 2013.
- 413 BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J., et al. Uso de microminerais sob a
414 forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12
415 semanas de idade. **R. Bras. Zootec.** 35: 1342-1348, 2006.
- 416 BURREL, A.L.; DOZIER, W.A; DAVIS, A.J., et al. Responses of broilers to dietary zinc
417 concentrations and sources in relation to environmental implications. **British Poultry**
418 **Science.** 45: 255-263, 2004.
- 419 CAO, J.; HENRY, P.R.; GUO, R., et al. Chemical characteristics and relative bioavailability
420 of supplemental organic zinc sources for poultry and ruminants. **J. Anim. Sci.** 78: 2039-
421 2054, 2000.
- 422 CLOSE, W.H. Trace mineral nutrition of pigs revisited: meeting production and
423 environmental objectives. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia.** v.14,
424 2003.
- 425 CONSOLO, L.Z.Z. Alterações plasmáticas do cobre e do zinco em crianças submetidas à
426 cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea. 116f. **Tese** (Doutorado em Ciências da
427 saúde) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2008.
- 428 COUSINS, R.J. Metal elements and gene expression. **Annu. Rev. Nutr.** 14: 449-469, 1994.
- 429 COZZOLINO, S.M.F. Biodisponibilidade de minerais. **R. Nutr. Campinas.** 10: 87-98, 1997.

- 430 DOMINGUES, P.F.; LANGONI, H.; PADOVANI, C.R, et al. Determinação de gordura,
431 proteína, cobre, ferro, manganês, zinco e contagem de células somáticas no leite de vacas
432 com mastite subclínica. **Semina: Ci. Agrárias**, v. 22, n.2, p.169-174, 2001.
- 433 DOZIER, W.A.; DAVIS, A.J.; FREEMAN, M.E., et al. Early growth and environmental
434 implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks.
435 **British Poultry Science**. 44: 48-57, 2012.
- 436 FARQUHARSON, C.; JEFFERIES, D. Chondrocytes and Longitudinal Bone Growth: The
437 Development of Tibial Dyschondroplasia. **Poultry Science**. 79: 994-1004, 2000.
- 438 GERALDO, A.; PINTO, D.M.; BRITO, J.A.G., et al. Diferentes programas de suplementação
439 de microminerais para poedeiras semipesadas em primeiro ciclo de produção. **Arquivos**
440 **de Pesquisa Animal**. 1: 48-57, 2012.
- 441 GRAÑA, A.L. Estudo de estratégias nutricionais para frangos de corte. 154f. **Tese**
442 (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.
- 443 GRAVENA, R.A.; MARQUES, R.H.; PICARELLI, J., et al. Suplementação da dieta de
444 codornas com minerais nas formas orgânicas sobre o desempenho e a qualidade dos ovos.
445 **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 63: 1453-1460, 2011.
- 446 JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 12ªed.p.179, Rio de Janeiro, 2013.
- 447 KENNARD, D. C.; HOLDER, R. C.; WHITE, P. S. Mineral supplements to rations for
448 chickens: corn meal and soybean meal. **Poultry Science**. v.1, n.3, 1922.
- 449 LEE, S.H.; CHOI, S.C.; CHAE, B.J, et al. Evaluation of Metal-Amino acid chelates and
450 complexes at various levels of copper and zinc in weanling pigs and broiler chicks.
451 **Asian-Australian Journal of Animal Science**. 14: 1734-1740, 2001.
- 452 LIM, H.S.; PAIK, I.K. Effects of supplementary mineral methionine chelats (Zn, Cu, Mn) on
453 the performance and eggshell quality of laying hens. **Asian-Australasian Journal of**
454 **Animal Science**. 16: 1804-1808, 2003.
- 455 MABE, I.; RAPP, C.; BAIN, M.M., et al. Supplementation of a corn-soybean meal diet with
456 manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality
457 in aged laying hens. **Poultry Science**. 82: 1903-1913, 2003.
- 458 MACIEL, M.P.; SARAIVA, E.P.; AGUIAR, E.F., et al. Effect of using organic
459 microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at
460 the end of laying. **R. Bras. Zootec**. 39: 344-348, 2010.
- 461 MAIORKA, A.; MACARI, M. Equilíbrio ácido-básico. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.;
462 GONZALES. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2.ed. Jaboticabal:
463 FUNEP, p.167-173, 2002.
- 464 McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. **Animal Nutrition**. 7th., 692p.
465 2010.

- 466 McDOWELL, L.R. **Minerals in animal and human nutrition**. San Diego: Academic Press.
467 524p., 1992.
- 468 MONTANARI, T. **Histologia: texto, atlas, roteiro de aulas práticas**. 3ª ed., p.229, Porto
469 Alegre, 2016.
- 470 NOLLET, L.; KLIS, J.D.V.; LENSING, M., et al. The Effect of Replacing Inorganic With
471 Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral
472 Excretion. **Poultry Science Association**. 16: 592-597, 2007.
- 473 NUNES, J.K.; SANTOS, V.L.; ROSSI, P. Qualidade de ovos e resistência óssea de poedeiras
474 alimentadas com minerais orgânicos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 65: 610-618, 2013.
- 475 PAIK, I.K.; SEO, S.H.; UM, J.S., et al. Effects of supplementary copper-chelate on the
476 performance and cholesterol level in plasma and breast muscle of broiler chickens. **Aust.**
477 **J. Anim. Sci**. 12: 794-798, 1999.
- 478 PASA, C. Relação Reprodução Animal e os Minerais. **Revista Biodiversidade**. 9: 101-122,
479 2010.
- 480 PEDROSA, L.F.C.; COZZOLINO, S.M.F. Efeito da suplementação com ferro na
481 biodisponibilidade de zinco em uma dieta regional do nordeste do Brasil. **Rev. Saúde**
482 **Pública**. 27: 266-270, 1993.
- 483 PIZAURO JÚNIOR, J.M. Estrutura e função do tecido ósseo. In: Macari, M., Furlan, R.L. e
484 Gonzales, E. **Fisiologia aviária aplicada a frango de corte**. FUNEP. Jaboticabal-SP, p.
485 247-265, 2002.
- 486 RATH, N.C.; HUFF, G.R.; HUFF, W.E., et al. Factors Regulating Bone Maturity and
487 Strength in Poultry. **Poultry Science**. 79: 1024-1032, 2000.
- 488 REECE, W. O. **Anatomia funcional e fisiologia dos animais domésticos**. 3.ed., p.468 São
489 Paulo: Roca, 2008.
- 490 RUTZ, F., MURPHY, R. Minerais orgânicos para aves e suínos. **In: Congresso Brasileiro de**
491 **Nutrição Animal**, Campinas, SP, 2009.
- 492 SALDANHA, E.S.P.B.; GARCIA, E.A.; PIZZOLANTE, C.C., et al. Effect of organic
493 mineral supplementation on the egg quality of semi-heavy layers in their second cycle of
494 lay. **Rev. Bras. Cienc. Avic**. 11: 215-222, 2009.
- 495 SANTOS, B.M. Suplementação com microminerais quelatados ou inorgânicos para poedeiras
496 comerciais. 87f. **Tese (Doutorado em Ciência Animal)** - Universidade Federal de Goiás,
497 Goiânia, 2014.
- 498 SCOTTÁ, B.A; VIEIRA, R.A.; GOMIDE, A.P, et al. Influência dos minerais quelatados e
499 inorgânicos no metabolismo, desempenho, qualidade da carcaça e da carne de frangos de
500 corte. **PUBVET**. 8:258, 2014.

501 SILVA, G.C.; NASCIMENTO, M.R.B.M.; SILVA, N.P. Suplementação com zinco e selênio
502 em frangos de corte submetidos a estresse cíclico de calor. **Rev. Ceres, Viçosa**. 62: 372-
503 378, 2015.

504 STEFANELLO, C.; SANTOS, T.C.; MURAKAMI, A.E., et al. Productive performance,
505 eggshell quality, and eggshell ultrastructure of laying hens fed diets supplemented with
506 organic trace minerals. **Poultry Science**. 93: 104-113, 2014.

507 VIEIRA, S.L. Chelated minerals for poultry. **Brazilian Journal of Poultry Science**. 10: 73-
508 79, 2008.

509 UDEH, I. Influence of weight grouping on the short term egg production of two strains of
510 layer type chicken. **Animal Research International**. 10: 741-744, 2007.

511 XIÃO, J.F.; ZHANG, Y.N.; WU, S.G., et al. Manganese supplementation enhances the
512 synthesis of glycosaminoglycan in eggshell membrane: A strategy to improve eggshell
513 quality in laying hens. **Poultry Science Association**. 2: 380-388, 2014.

514 YILDIZ, N.; ERISIR, Z.; SASHIN, K, et al. Effect of zinc picolinate on the quality of
515 japanese quail eggs. **Journal of Animal and Veterinary Advances**. 5: 1181-1184, 2006.

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

Minerais orgânicos em dietas de pintainhas de postura comercial

528 **RESUMO** – Um experimento foi conduzido com objetivo de avaliar o efeito da utilização do
529 zinco, cobre e manganês complexados a aminoácidos em substituição parcial dos minerais
530 inorgânicos na alimentação de pintainhas durante a fase de cria sobre os parâmetros de
531 desempenho e características ósseas. Para isso, foram utilizadas 1200 pintainhas de postura
532 comercial da linhagem Lohmann Brown-Lite com um dia de vida e peso médio inicial de
533 $32,44 \pm 1,02g$, as quais foram alojadas em gaiolas equipadas com comedouros tipo calha e
534 bebedouros automáticos tipo copinho, distribuídas em um delineamento inteiramente
535 casualizado, composto por dois tratamentos e 20 repetições de 30 aves por unidade
536 experimental. Os tratamentos consistiram em duas dietas a base de milho e farelo de soja
537 suplementadas com 70, 70 e 8 mg/kg de Zinco, Manganês e Cobre, respectivamente
538 provenientes de fontes inorgânicas e outra dieta com 40, 40 e 2,75 mg/kg de Zinco, Manganês
539 e Cobre, respectivamente, a partir de fontes inorgânicas mais 30, 30 e 5,25 mg/kg de Zinco,
540 Manganês e Cobre, respectivamente, provenientes de fontes orgânicas. A água foi fornecida à
541 vontade e a ração ajustada semanalmente de acordo com o manual da linhagem. O período
542 experimental compreendeu 35 dias. Foram testadas as pressuposições dos erros da
543 normalidade e homocedasticidade para análise de variância, e o teste T($P < 0,05$) foi utilizado
544 para comparar as médias obtidas entre os tratamentos, utilizando o software R. Observou-se
545 que as dietas experimentais não influenciaram os parâmetros de desempenho avaliados (peso
546 corporal, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e uniformidade) e as
547 características ósseas (peso e comprimento das tíbias, índice de seador e resistência óssea) das
548 aves. Também não foi observada influência nos pesos do fígado, baço, bursa de Fabrícus,
549 pâncreas e intestino, bem como para o comprimento deste último, entretanto o peso do timo e
550 comprimento do ceco foram influenciados. A substituição parcial dos microminerais
551 inorgânicos por suas fontes orgânicas não altera os parâmetros de desempenho e
552 características ósseas de pintainhas de postura na fase de cria, entretanto, proporciona
553 aumento no comprimento do ceco e no peso do timo sugerindo melhoria em seu sistema
554 imunológico.

555

556

557 **Palavras chaves:** biodisponibilidade, desempenho, microminerais, resistência óssea

558

559

560

561

562

563

Evaluation of Organic Minerals Usage in Diets for Commercial Small Chicks

564

565 **ABSTRACT** – An assay was performed aiming to evaluate the effect of using zinc, copper,
566 and manganese complexed to amino acids partially replacing inorganic minerals in small
567 chicks feed during brooding phase over performance and bones characteristics parameters.
568 One thousand two hundred, one-day-old, 32.44 ± 1.02 g average body weight, Lohmann
569 Brown-Lite, small chicks were used, which were allocated in conventional cages equipped
570 with linear feeders and automatic water drinking cups. The chicks were distributed in a
571 completely randomized design, composed by 2 treatments and 20 replicates of 30 chicks per
572 experimental unit. Treatments consisted of a control diet, based on corn and soybean supplied
573 with 70, 70, and 8 mg/kg of Zinc, Manganese, and Copper, respectively, from inorganic
574 sources and a diet with 40, 40, and 2.75 mg/kg of Zinc, Manganese, and Copper, respectively,
575 from inorganic sources, added of 30, 30, and 5.25 mg/kg of Zinc, Manganese, and Copper,
576 respectively from organic sources. Water was offered *ad libitum* and ration was adjusted
577 weekly according to the breed manual. Experimental period consisted of 5 weeks. The
578 assumptions of normality and homoscedasticity errors for analysis of variance were tested,
579 and the T test ($P < 0.05$) was used to compare the mean obtained between treatments, using the
580 R Software. It was observed that experimental diets did not influence the evaluated
581 performance parameters (body weight, weight gain, feed intake, feed conversion, and
582 uniformity) and bone characteristics (tibiae weight and length, Seedor index, and bone
583 resistance) of chicks during the brooding phase (1 -5 weeks). Influence on liver, spleen,
584 Fabricius bursa, pancreas, and intestine was also not observed, as well as intestine length,
585 however, thymus weight and cecum length were influenced. Partial replacement of inorganic
586 microminerals by their organic sources did not alter performance parameters and did not
587 interfere with bones characteristics of chicks in brooding phase, however, it provides increase
588 on cecum length and on thymus weight suggesting improvement on their immune system.

589 **Keywords:** Bioavailability, performance, microminerals, bone resistance.

590

591

592

593

594

595

596

INTRODUÇÃO

597

598 No universo de nutrientes que compõem a alimentação da poedeira moderna, as fontes
599 e níveis dos minerais utilizados na dieta desempenham um papel importante. Além dos
600 macroatmentos, destacam-se também os microminerais que apresentam essencialidade
601 comprovada nas diversas funções do metabolismo animal (GERALDO et al., 2012). Apesar
602 dos enormes avanços na produção e tecnologia avícola, as pesquisas sobre nutrição mineral,
603 principalmente no que se refere aos microminerais, são desenvolvidas com menor frequência
604 quando comparadas às outras áreas da nutrição (BAO et al., 2007).

605 Os microminerais zinco (Zn), Manganês (Mn) e Cobre (Cu) são elementos essenciais
606 requeridos pelas aves (KLASING, 1998). Estes minerais são constituintes de vários sistemas
607 enzimáticos, participando de centenas de proteínas e moléculas orgânicas envolvidas no
608 metabolismo intermediário, hormonal e sistemas de defesa imunológica (DIECK et al., 2003).
609 Como consequência, eles influenciam no desempenho, função enzimática, plumagem e
610 crescimento ósseo das aves (NOLLET et al., 2007).

611 Com o propósito de assegurar o ótimo desempenho dos animais, a suplementação de
612 microminerais nas dietas geralmente é realizada em quantidades superiores às exigidas,
613 gerando maior volume de resíduo nas excretas (GOMES et al., 2009). Portanto, a utilização
614 de minerais orgânicos vem sendo estudada, visto que, permitem redução nos níveis
615 normalmente utilizados pelas indústrias avícolas (DOZIER et al., 2003).

616 O termo usual da indústria denominado de mineral orgânico é aplicado aos íons
617 metálicos quando estes estão ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando
618 estruturas químicas com características únicas de estabilidade, acarretando em alto
619 aproveitamento pelo animal (MACIEL et al., 2010). A eficácia da utilização destes minerais
620 ligados a moléculas orgânicas pode ser comprovada em estudos com aves, nos quais seu uso
621 promoveu melhorias nos parâmetros de desempenho, tais como, peso corporal e conversão
622 alimentar (BAO et al., 2007; ABDALLAH et al., 2009).

623 Wedekind et al. (1992) avaliaram o fornecimento de Zn-metionina para pintos de corte
624 através da quantificação deste mineral nas tíbias, encontrando valores consideravelmente mais
625 biodisponíveis na forma orgânica quando comparados ao sulfato de zinco. Entretanto, não há
626 relatos na literatura sobre a utilização de minerais orgânicos na alimentação de aves de
627 postura comercial na fase de cria.

628 Deste modo, sabendo-se que esses minerais, quando utilizados na forma orgânica, são
629 mais disponíveis ao animal, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da utilização

630 do Zn, Mn e Cu na forma de complexo orgânico na alimentação de pintainhas de postura
631 comercial na fase de cria, sobre os parâmetros de desempenho e características ósseas.

632 **MATERIAL E MÉTODOS**

633 ***Local do Experimento e Manejo dos Animais***

634 A pesquisa desenvolvida foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais
635 (CEUA), da Universidade Federal Rural de Pernambuco, de acordo com a licença de número
636 064/2016.

637 Um experimento de desempenho foi conduzido na granja Ovo Novo, localizada no
638 município de Caruaru-PE, situado a 554 m de altitude em relação ao nível do mar e
639 coordenadas geográficas 08°17'00'' de latitude S e 35° 58'34'' de longitude e clima
640 classificado de acordo com Köppen e Geiger como semiárido quente.

641 Para a pesquisa utilizaram-se 1200 pintainhas de postura da linhagem Lohmann
642 Brown-Lite com um dia de vida e peso médio de $32,44 \pm 1,02$ g que foram distribuídas em 40
643 gaiolas experimentais com dimensões de 60x80x30cm. As gaiolas eram equipadas com
644 comedouro tipo calha e bebedouro automático com copinho acoplado. O período
645 experimental adotado foi de cinco semanas. Durante este período, o fornecimento de água
646 para os animais foi *ad libitum*, enquanto o de ração era ajustado semanalmente conforme
647 recomendação do manual da linhagem.

648 As aves foram vacinadas contra os principais desafios da região e com oito dias de
649 vida foram debicadas. O programa de luz adotado foi decrescente, ou seja, na primeira
650 semana de vida foram fornecidas 24 horas de luz, reduzindo posteriormente uma hora diária
651 até não receberem mais luz artificial, permanecendo com 12 horas de luz natural até o fim do
652 período experimental. A temperatura e umidade relativa do ar foram registradas diariamente
653 através de datalogger (HOBO U12-012), instalado no centro do galpão e quatro
654 termohigrômetros digitais (IncoTerm, modelo 7663.02.0.00) fixados em pontos distintos.

655 Na Figura 1 podem-se observar as temperaturas e umidades médias diárias durante
656 todo o experimento.

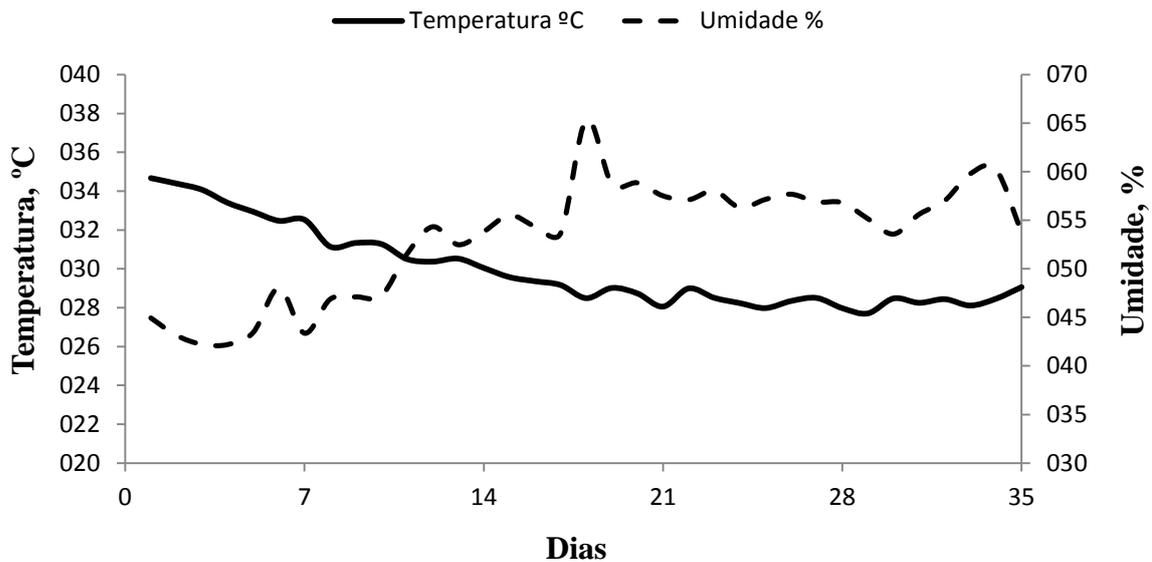
657

658

659

660

Figura 1: Médias diárias de temperatura e umidade durante o período experimental.



661

662

663

664

665

666

Durante o experimento foram coletadas amostras da ração consumidas pelas aves e enviadas ao laboratório de nutrição animal do departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a determinação dos teores de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo, segundo a metodologia descrita proposta por Detmann et al. (2012).

667

Delimitação e Dietas Experimentais

668

669

670

671

672

673

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 20 repetições de 30 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram em dietas à base de milho e farelo de soja com níveis de 1) 70, 70 e 8 mg/kg de Zn, Mn e Cu, respectivamente provenientes de fontes inorgânicas (DMI) e 2) Dieta com 40, 40 e 2,75 mg/kg de Zn, Mn e Cu, respectivamente a partir de fontes inorgânicas mais 30, 30 e 5,25 mg/kg de Zn, Mn e Cu, respectivamente, provenientes de fontes orgânicas (DMO).

674

675

676

677

Foram utilizadas como fontes inorgânicas o óxido de zinco (% Zn), óxido de manganês (%Mn) e sulfato de cobre (%Cu) e como fontes orgânicas, o produto comercial Availa ZMC (Zinpro Performance Minerals®), que contém esses minerais complexados a todos os aminoácidos essenciais, com exceção do triptofano.

678

679

680

681

Para compor as dietas experimentais foram formulados dois mixes minerais, o controle e o reduzido (Tabela 1). O primeiro, usado na DMI, continha minerais de acordo com os níveis comumente utilizados na indústria brasileira avícola, e o segundo que compôs a DMO, apresentava os níveis de Zn, Mn e Cu inorgânicos reduzidos, para a inclusão do Availa

682 diferenciando apenas a fonte empregada. A suplementação por quilo de premix mineral
 683 encontra-se descrita na Tabela 2, e as dietas experimentais na Tabela 3. As dietas utilizadas
 684 foram isonutritivas e formuladas para atender às exigências das aves na fase de cria de acordo
 685 com o manual da linhagem.

686 **Tabela 1.** Composição dos premixes inorgânicos e do produto comercial utilizados nas dietas
 687 experimentais
 688

Microminerais	Premix Controle	Premix Reduzido	Availa ZMC
Valor (mg/kg de ração)			
Zinco	70	40	30
Manganês	70	40	30
Cobre	8	2,75	5,25
Ferro	50	50	0,0
Iodo	1	1	0,0
Selênio	0,25	0,25	0,0

689 **Tabela 2.** Suplementação por quilo de premix mineral inorgânico
 690

Micromineral	Fonte de mineral	Premix Controle (g)	Premix Reduzido (g)
Zinco	Óxido de zinco ¹	95,89	54,79
Manganês	Óxido de manganês ²	122,81	70,18
Cobre	Sulfato de cobre ³	32,00	11,00
Ferro	Sulfato de ferro ⁴	166,67	166,67
Iodo	Iodato de cálcio	1,61	1,61
Selênio	Selenito de sódio	0,56	0,56

691 ¹Níveis de garantia por quilo do produto: 799g/kg (Mín.); ²Óxido de manganês 60-62% MnO, Níveis de garantia
 692 por quilo do produto: 600g/Kg (Mín.); ³CuSO₄.5H₂O, Níveis de garantia por quilo do produto: 250g de Cu;
 693 ⁴Sulfato Ferroso Mono, FeSO₄H₂O, Níveis de garantia por quilo do produto: 300g/kg (Mín.).
 694

695
 696
 697
 698
 699
 700
 701
 702
 703
 704

Tabela 3. Composição das dietas utilizadas durante o período experimental

Ingredientes, %	Pré-Inicial (1-4 sems)		Inicial (4-5 sems)	
	DMI	DMO	DMI	DMO
Milho moído	58,35	58,35	63,46	63,46
Farelo soja	35,90	35,90	30,30	30,30
Óleo soja	1,80	1,80	0,19	0,19
Calcário calcítico	1,19	1,19	1,26	1,26
Fosfato bicálcico	1,55	1,55	1,43	1,43
Bicarbonato de sódio	0,15	0,15	0,15	0,15
Sal comum	0,29	0,29	0,29	0,29
DL-metionina 99%	0,20	0,20	0,15	0,15
Gallipró ¹	0,04	0,04	0,04	0,04
Safetox plus ²	0,20	0,20	0,20	0,20
Phytase AB Vista ³	0,01	0,01	0,01	0,01
Premix Vitaminico ⁴	0,12	0,12	0,12	0,12
Premix Mineral Inorgânico Controle	0,10	0,00	0,10	0,00
Premix Mineral Inorgânico Teste	0,00	0,10	0,00	0,10
Availa ZMC ⁵	0,00	0,075	0,00	0,075
Inerte	0,10	0,025	2,40	2,23
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição química				
Energia metabolizável, kcal/kg	2.950	2.950	2.850	2.850
Proteína bruta, %	21,00	21,00	18,80	18,80
Proteína bruta ⁶ , %	21,07	21,08	18,58	18,41
Matéria seca ⁶ , %	87,92	87,96	88,56	88,04
Matéria mineral ⁶ , %	6,031	6,060	6,470	6,480
Extrato Etéreo ⁶ , %	4,910	4,580	2,290	2,276
Metionina digestível, %	0,491	0,491	0,412	0,412
Metionina + Cistina digestível, %	0,770	0,770	0,666	0,666
Lisina digestível, %	1,047	1,047	0,912	0,912
Triptofano digestível, %	0,237	0,237	0,207	0,207
Arginina digestível, %	1,337	1,337	1,176	1,176
Valina digestível, %	0,893	0,893	0,799	0,799
Cálcio, %	1,050	1,050	1,020	1,020
Fósforo disponível, %	0,490	0,490	0,460	0,460
Sódio, %	0,180	0,180	0,180	0,180
Fibra bruta, %	3,162	3,162	2,917	2,917

707 ¹ Níveis de garantia do produto: *Bacillus licheniformis* (mín) > 16x10¹⁰UFC/g. ² Níveis de garantia: Bentonita
708 666 g/kg; Beta Glucanas 54 g/kg; Mananoligossacarídeos 59,4 g/kg; Bio-ativos fitogênicos 16,5 g/kg. ³ Níveis
709 de garantia: Fitase (mín) 10.000 FTU/g. ⁴ Níveis de garantia (composição por Kg de produto): Vitamina A
710 8.000,000 IU; Vitamina D3 2.000,000 IU; Vitamina E 10.000 UI; Vitamina K3 2.000 mg; Vitamina B1 1.000 mg;
711 Vitamina B2 4.000 mg; Vitamina B6 2.500 mg; Vitamina B12 11.000 mg; Niacina 25 g; Pantetonato de cálcio 10
712 g; Ácido Fólico: 550 mg; Biotina: 50 mg.⁵Composição do produto: Zinco, 3%; Manganês, 3%; Cobre, 0,52%;
713 Aminoácidos Totais, 19%. ⁶Valores analisados no Laboratório de Nutrição Animal da UFRPE

714 ***Parâmetros Avaliados***

715 ***Medidas de Desempenho***

716 Para serem distribuídas, as unidades experimentais de acordo com o peso vivo, as aves
717 foram pesadas individualmente no primeiro dia de vida. Os parâmetros de desempenho
718 avaliados foram: peso vivo (g), ganho de peso (g), consumo de ração (g), conversão alimentar
719 (g/g) e uniformidade. O consumo de ração era estimulado diariamente e contabilizado no final
720 de cada semana, através da pesagem das sobras contidas nos comedouros. As pesagens das
721 parcelas eram realizadas semanalmente, para avaliação do ganho de peso e uniformidade.

722 Na última semana experimental foram escolhidas através do peso médio de três aves de
723 cada parcela a fim de serem submetidas à eutanásia por deslocamento cervical para a retirada
724 das tíbias e órgãos.

725 ***Peso e comprimento dos Órgãos***

726 Após a eutanásia foi realizada a coleta e pesagem em balança semianalítica ($\pm 0,01g$)
727 dos seguintes órgãos: timo, bursa de Fabricius, baço, fígado, pâncreas e intestino, bem como a
728 mensuração precisa (cm) do comprimento dos cecos e de todo o intestino, com auxílio de uma
729 fita métrica.

730 ***Análise de Resistência Óssea e Índice de Seedor***

731 As tíbias (direitas e esquerdas) coletadas foram acondicionadas em tubos falcon
732 devidamente identificados e congeladas em freezer a $-20^{\circ}C$ para avaliação futura dos
733 parâmetros ósseos.

734 Posteriormente, as tíbias foram descongeladas a temperatura ambiente para a retirada de
735 todos os tecidos envolventes sem provocar injúrias na estrutura óssea. Em seguida, pesadas
736 em balança semianalítica ($\pm 0,01g$) e seu comprimento medido com auxílio de um paquímetro
737 digital (capacidade de 0 a 150 mm e precisão de 0,01 mm).

738 Após o registro destas informações, foi possível calcular o Índice de Seedor (SEEDOR
739 et al., 1991), dividindo-se o peso do osso (mg) pelo seu comprimento (mm). Este índice é
740 utilizado como indicativo da densidade óssea, dessa forma, quanto maior for o índice, maior
741 será a densidade.

742 A análise de resistência óssea foi realizada com as tíbias in natura, utilizando um
743 texturômetro (Texture Analyser - TA XT Plus Texture Analyzer). O aparelho foi regulado
744 para permitir velocidade de teste de 0,8 mm/segundo e os ossos foram posicionados de forma

745 idêntica sob dois suportes com espaço entre eles de 30 mm. Um programa computacional
746 registrou a força (kgf) necessária para que ocorresse a quebra total do osso.

747 *Análise Estatística*

748 Foram testadas as pressuposições dos erros da normalidade e homocedasticidade para
749 análise de variância, e o teste T ($P < 0,05$) foi utilizado para comparar as médias obtidas entre
750 os tratamentos, utilizando o software R. As variáveis de peso de timo, bursa, intestino e tibia,
751 além do comprimento do ceco e parâmetros ósseos, foram transformadas pela transformação
752 box-cox.

753

754

755

756

757

758

759

760

761

762

763

764

765

766

767

768

RESULTADOS

769

Os resultados obtidos durante o período experimental (Tabela 4), demonstram que o

770

fornecimento da fonte orgânica não influenciou os parâmetros de desempenho das aves.

771

Tabela 4. Efeito dos minerais orgânicos no desempenho de pintainhas de postura comercial

Tratamentos	Parâmetros Avaliados				
	Peso vivo (g)	Ganho de peso (g)	Consumo de ração ¹ (g)	Conversão alimentar (g/g)	Uniformidade (%)
7 dias					
DMP ²	68,89	36,46	8,50	1,64	66,17
DMO ³	69,42	36,97	8,50	1,61	70,83
Média	69,15	36,72	8,50	1,62	68,50
P	0,54	0,55	0,97	0,16	0,23
SEM	0,43	0,43	0,06	0,008	1,96
CV	3,98	7,48	4,61	3,35	18,00
14 dias					
DMI	123,26	53,83	13,00	1,69	69,66
DMO	123,35	53,25	13,22	1,74	75,56
Média	123,31	53,54	13,11	1,72	72,61
P	0,94	0,52	0,08	0,14	0,39
SEM	0,62	0,06	0,66	0,01	3,06
CV	3,21	5,36	3,11	2,55	10,45
21 dias					
DMI	202,74	79,48	21,54	1,90	72,68
DMO	204,26	80,90	21,68	1,88	78,25
Média	203,50	80,19	21,61	1,89	75,86
P	0,42	0,21	0,46	0,25	0,08
SEM	0,93	0,56	0,09	0,01	1,62
CV	2,91	4,41	2,72	3,33	13,19
28 dias					
DMI	290,36	87,62	28,05	2,25	62,22
DMO	289,69	85,43	28,34	2,33	69,64
Média	290,02	86,53	28,19	2,29	70,55
P	0,57	0,10	0,09	0,06	0,06
SEM	0,59	0,68	0,08	0,02	4,74
CV	1,30	4,86	1,89	5,94	11,41
35 dias					
DMI	346,08	55,71	31,38	3,97	69,97
DMO	346,50	56,81	31,14	3,88	69,64
Média	346,29	56,26	31,26	3,93	69,80
P	0,85	0,59	0,58	0,40	0,32
SEM	1,16	1,31	0,30	0,07	2,24
CV	2,15	11,52	4,38	9,00	10,69
Período total (1-35 dias)					
DMI	346,08	312,95	718,79	2,28	69,97
DMO	346,50	314,73	718,46	2,28	69,64
Média	346,29	313,84	718,63	2,28	69,80
P	0,85	0,91	0,94	0,65	0,32
SEM	1,60	1,58	3,31	0,008	1,75
CV	2,15	2,08	1,91	1,28	10,69

772

¹ Consumo de ração ave/dia; ²Dieta com minerais inorgânicos; ³Dieta com minerais orgânicos; SEM: erro padrão da média; CV: coeficiente de variação.

773

774 Na Tabela 5 estão apresentados os dados obtidos de peso corporal, peso dos órgãos e
 775 comprimento do intestino das aves eutanasiadas. Não foram verificadas diferenças
 776 significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos para o peso vivo (PV) e pesos de fígado, baço,
 777 bursa de Fabricius, pâncreas e intestino (delgado e grosso). Entretanto, a dieta que continha
 778 minerais orgânicos apresentou efeito ($P<0,05$) no peso do timo e comprimento dos cecos.
 779

780 **Tabela 5.** Peso dos órgãos e comprimento do intestino de pintainhas de postura com 35 dias

Tratamentos	PV	Fígado	Timo	Baço	Bursa	Pâncreas	Intestino	Ceco	Intestino
	(g)				(cm)				
DMI ¹	362,93	11,51	1,93 ^b	1,60	1,34	1,19	24,53	11,30 ^a	113,78
DMO ²	363,40	11,72	2,10 ^a	1,61	1,27	1,20	24,76	12,20 ^b	113,15
Média	363,16	11,72	2,07	1,64	1,31	1,19	24,64	11,73	113,66
P	0,852	0,394	0,033	0,932	0,416	0,661	0,712	<0,0001	0,463
SEM	0,75	0,11	0,17	0,05	0,04	0,06	0,02	0,44	0,12
CV	3,67	14,20	21,54	23,44	37,64	15,48	13,63	9,39	6,70

781 ¹ Dieta com minerais inorgânicos; ² Dieta com minerais orgânicos; Números seguidos de letras diferentes
 782 diferem significativamente pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação; SEM: erro
 783 padrão da média.

784 Nos dados referentes aos parâmetros ósseos (Tabela 6) constatou-se que os minerais
 785 orgânicos não influenciaram no peso e comprimento das tíbias, resistência óssea e no índice
 786 de Seedor em pintainhas de postura comercial aos 35 dias de vida.

787 **Tabela 6.** Parâmetros ósseos das pintainhas de postura com 35 dias

Tratamentos	Peso Tíbia (g)	Comprimento tíbia (mm)	Índice de Seedor (mg mm ⁻¹)	Resistência óssea (Kgf)
DMI	3,84	69,89	52,31	8,95
DMO	3,63	69,28	51,16	8,66
Média	3,73	69,58	51,74	8,80
P	0,062	0,071	0,079	0,236
SEM	0,03	0,40	0,11	0,44
CV	14,27	1,44	3,83	8,21

788 Números seguidos de letras diferentes diferem significativamente pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.
 789 CV:coeficiente de variação; DP: Desvio padrão da média

790

791

DISCUSSÃO

792

793 Os resultados encontrados neste estudo se assemelham a outros verificados na
794 literatura, em que o conceito de maior biodisponibilidade através das fontes orgânicas, não
795 consegue ser evidenciado pela avaliação de desempenho em aves de postura.

796 Brito et al. (2006), avaliando a utilização de microminerais na forma de complexo
797 orgânico em aves da mesma linhagem no período de 7 a 12 semanas de vida, observaram que
798 as fontes minerais não influenciaram ($P>0,05$) o ganho de peso, consumo de ração, conversão
799 alimentar e uniformidade das aves de reposição. Tais resultados também foram relatados por
800 Dozier et al. (2003) ao estudar o fornecimento de Zn e Cu orgânico para frangos de corte na
801 fase inicial e Sirri et al. (2016), ao compararem uma dieta composta por minerais inorgânicos
802 com outra que continha fontes orgânicas (Zn, Mn e Cu) para frangos de corte de 31 e 51 dias
803 de idade.

804 Entretanto, outros autores, ao analisarem a substituição parcial de minerais inorgânicos
805 por orgânicos em frangos de corte obtiveram resultados divergentes, como melhor taxa de
806 conversão alimentar na fase inicial (GHEISARI et al., 2010) e maior peso corporal na fase
807 final (SAENMAHAYAK et al., 2010). Resultados controversos observados na literatura em
808 relação à utilização de microminerais orgânicos podem ser devido aos diferentes níveis e
809 fontes minerais utilizados nos diversos trabalhos experimentais.

810 Embora o presente estudo não tenha demonstrado diferença significativa entre os
811 tratamentos avaliados para as variáveis de desempenho, foi possível observar que em todas as
812 semanas, exceto a última, as aves que consumiram a dieta com minerais orgânicos
813 apresentaram maior uniformidade. A melhor uniformidade do lote proporciona uma série de
814 vantagens às aves, entre elas podemos citar: maior pico de postura, menor ocorrência de
815 prolapso e produção mais uniforme e elevada.

816 A substituição parcial dos microminerais Zn, Mn e Cu pelo complexo orgânico
817 proporcionou aumento no peso do timo das aves, não influenciando no peso dos demais
818 órgãos. Pesquisas desenvolvidas comprovam que independente da fonte utilizada (inorgânica
819 ou orgânica) o sistema imunológico de aves suplementadas com zinco é influenciado
820 benéficamente, entretanto, no caso de fontes inorgânicas torna-se necessário o fornecimento
821 de maiores concentrações para obter o mesmo resultado satisfatório.

822 Dardenne (2002) relata que dietas contendo alto teor de zinco demonstram reforçar as
823 funções imunes acima dos níveis basais, tais como aumento das respostas mitogênicas,
824 aumento dos macrófagos e função das células do timo, pois o Zn é essencial para a função da

825 DNA polimerase e da timidina, cujo envolvimento na síntese do ácido nucleico pode explicar
826 os efeitos deste mineral na proliferação de células linfoides.

827 Salabi et al. (2011), estudando o peso relativo do fígado, baço e bursa de Fabricius de
828 frangos de corte abatidos aos 43 dias, observaram um aumento significativo no peso da bursa e
829 do baço das aves que foram suplementadas com doses mais elevadas de zinco inorgânico (135
830 mg/kg) ao comparar com as que receberam 90 e 45 mg/kg de zinco.

831 Bartlett e Smith (2003), utilizando três dietas para frangos de corte (uma deficiente em
832 zinco, outra de acordo com os níveis recomendados pela exigência e a terceira com zinco
833 orgânico) embora não tenham encontrado nenhuma diferença significativa nos pesos dos
834 órgãos (fígado, timo, bursa e baço), observaram incremento no peso do timo das aves que
835 consumiram o Zn orgânico.

836 Enquanto Kidd et al. (1994), analisando os efeitos da suplementação de zinco em
837 dietas de perus que receberam níveis adequados desse mineral, observaram que a adição de 30
838 ou 45 mg/kg de Zn a partir da utilização do zinco-metionina, aumentou significativamente a
839 capacidade de resposta imune celular de perus jovens. Pope (1991) relata que um dos
840 parâmetros comumente utilizados para estimar a imunidade de aves é o peso de órgãos
841 linfoides que podem ser facilmente medidos e refletem a capacidade do organismo de
842 produzir células linfoides durante a resposta imune.

843 O zinco exerce impacto sobre os principais mediadores da imunidade tais como
844 enzimas, peptídeos do timo e citocinas, o que explica a importância de seus níveis sobre a
845 regulação da proliferação das células linfoides, ativação e apoptose (DARDENNE, 2002). A
846 ingestão insuficiente de zinco pode acarretar alguns problemas para o sistema imunológico,
847 como baixo peso do timo e defeitos nas células T. Várias anormalidades destas células estão
848 relacionadas com a carência de zinco, incluindo a redução do seu número e da sensibilidade
849 aos estímulos mutagênicos, redução da produção de anticorpos relativos às células T
850 auxiliares, da produção de hormônios tímicos e maturação das células T (SHILS et al., 2002).

851 Apesar do zinco exercer uma maior influência no sistema imune, o cobre e o
852 manganês também participam ativamente por meio da metaloenzima superóxido desmutase,
853 que transforma o íon superóxido em peróxido, radical livre que a enzima glutationala
854 peroxidase eliminará durante a fagocitose (CARVALHO, et. al. 2003).

855 Deste modo, o resultado encontrado nesta pesquisa torna-se de grande importância,
856 pois, podemos relacionar o incremento no peso do timo com a maior produção de células
857 linfoides para o grupo de aves que receberam a DMO. Isto pode ter ocorrido devido a maior

858 biodisponibilidade e melhor aproveitamento dos minerais orgânicos pelo animal, em um
859 estágio crítico que é a fase inicial, onde as aves estão sujeitas a desafios causados por diversos
860 tipos de estressores ambientais, em uma etapa que o sistema imune encontra-se ainda em fase
861 de desenvolvimento.

862 Outro parâmetro que também sofreu influência significativa foi o comprimento dos
863 cecos das aves que consumiram minerais orgânicos. O cobre pode ter influenciado na
864 microbiota intestinal, visto que o mesmo possui ação antimicrobiana.

865 Quando este elemento é fornecido ao animal na forma tradicional, haverá formação de
866 complexos com outras substâncias ou antagonismo com outros minerais; desse modo, maior
867 concentração de Cu que não foi digerido passará pelos cecos para ser excretada, podendo este
868 ter agido na microbiota cecal, reduzindo o tamanho dos cecos. Por outro lado, a dieta
869 contendo parcialmente cobre orgânico, por estar ligado a complexos que proporcionarão
870 maior rapidez na absorção deste mineral, reduzirá a excreção do mesmo.

871 O cobre é descrito e discutido como ação antimicrobiana ou modificador da flora
872 microbiana do trato gastrintestinal em vários trabalhos científicos (LIMA; MIYADA, 2003;
873 ARIAS; KOUTSOS, 2006). No entanto, Pang e Applegate (2007) mencionaram que se o
874 perfil de microrganismos for afetado pelo teor de Cu dietético, diminuirá as concentrações de
875 ácidos graxos de cadeia curta, produzido pela fermentação, acarretando em elevação do pH.

876 Em outro estudo, Pang et al. (2009) relataram que o cobre não deve ser fornecido em
877 concentrações elevadas, visto que essa prática de manejo poderá acarretar em alguns
878 problemas ao animal, como no desenvolvimento de bactérias resistentes a esse mineral, pois
879 alguns genes de resistência ao Cu já foram detectados em muitas bactérias analisadas. O Cu é
880 um requisito para o metabolismo aeróbio; entretanto, pode ser tóxico mesmo em baixas
881 concentrações. Portanto, células desenvolveram mecanismos homeostáticos para garantir o
882 manuseio adequado do cobre, gerando a resistência (PEÑA et al., 1999).

883 Em relação às características ósseas avaliadas nesta pesquisa, não houve influência dos
884 minerais na forma orgânica sobre o peso e comprimento das tíbias, índice de Sedor e
885 resistência óssea. Nossos resultados corroboraram com os de Brito et al. (2006) que avaliando
886 a utilização de microminerais na forma de complexo orgânico em frangas também não
887 encontraram diferenças significativas entre os tratamentos para comprimento, peso e
888 espessura da tíbia e fêmur dessas aves.

889 Resultados semelhantes foram obtidos por Nunes et al. (2013) que avaliaram o
890 fornecimento de minerais orgânicos para poedeiras e não observaram efeito significativo dos

891 tratamentos para o parâmetro de resistência óssea, bem como Manangi et al. (2012) que testou
892 o impacto da alimentação em frangos com baixos níveis de minerais orgânicos versus os
893 níveis normalmente utilizados de minerais inorgânicos na indústria, não encontrando também
894 diferença significativa.

895 Os minerais orgânicos utilizados nessa pesquisa atuam como cofatores enzimáticos
896 apresentando papel fundamental na síntese da matriz orgânica óssea, formada em quase sua
897 totalidade por fibras de colágeno. Entretanto, o estudo foi realizado em aves na fase inicial em
898 que ainda apresentam o tecido ósseo em desenvolvimento e com fibras de colágeno sem
899 organização definida, podendo ter sido uma das possíveis causas de não ter encontrado
900 diferença significativa na resistência óssea.

901 Dessa forma, torna-se necessário que mais estudos sejam desenvolvidos com o
902 fornecimento contínuo dos microminerais na forma orgânica durante as fases de cria e recria
903 com aves poedeiras comerciais, para avaliação de desempenho e características ósseas.

904 A substituição parcial dos minerais inorgânicos Zn, Cu e Mn por suas fontes orgânicas
905 não altera os parâmetros de desempenho e não interfere nas características ósseas de
906 pintainhas de postura comercial durante a fase de cria. Porém, proporciona aumento no
907 comprimento do ceco e peso do timo, sugerindo melhoria em seu sistema imunológico.

908

909

910

911

912

913

914

915

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

916

- 917 ABDALLAH, A.G.; EL-HUSSEINY, O.M.; ABDEL-LATIF, K.O. Influence of some dietary
918 organic mineral supplementations on broiler performance. **International Journal of**
919 **Poultry Science**. 8:291-298, 2009.
- 920 ARIAS, V.J.; KOUTSOS, E.A. Effects of Copper Source and Level on Intestinal Physiology
921 and Growth of Broiler Chickens. **Poultry Science**. 85:999–1007, 2006.
- 922 BAO, Y.M.; CHOCT, M.; IJI, P.A., et al. Effect of Organically Complexed Copper, Iron,
923 Manganese, and Zinc on Broiler Performance, Mineral Excretion, and Accumulation in
924 Tissues. **J. Appl. Poult.** 16:448–455, 2007.
- 925 BARTLETT, J.R.; SMITH, M.O. Effects of Different Levels of Zinc on the Performance and
926 Immunocompetence of Broilers Under Heat Stress. **Poultry Science** 82:1580–1588,
927 2003.
- 928 BRITO, J.A.G.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J., et al. Uso de microminerais sob a
929 forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12
930 semanas de idade. **R. Bras. Zootec.** 35:1342-1348, 2006.
- 931 CARVALHO, F.A.N.; BARBOSA, F.A.; McDOWELL, L.R. **Nutrição de bovinos a pasto.**
932 427p. Belo Horizonte, 2003.
- 933 CHARANEK, K.H. Determinação de alguns nutrientes e contaminantes e avaliação da
934 distribuição de alguns elementos em amostras de soja transgênica e convencional, através
935 do acoplamento HPLC-ICP OES. 117f. **Tese** (Doutorado em Química) – Universidade de
936 São Paulo, 2006.
- 937 COSTA, S.S.L. Determinação e avaliação da composição mineral de rações de cães e gatos
938 do estado de Sergipe. 96f. **Dissertação** (Mestrado em Química) – Universidade Federal
939 de Sergipe, 2013.
- 940 DARDENNE, M. Zinc and immune function. **European Journal of Clinical Nutrition** 56:
941 S20–S23, 2002.
- 942 DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análise de**
943 **alimentos**. Visconde do Rio Branco: Universidade Federal de Viçosa, 214, 2012.
- 944 DIB, S.R. Determinação de metais por técnicas espectroanalíticas em amostras de carne e
945 sangue de bovinos submetidos à dieta com adição de erva-mate (*Ilex paraguariensis*, St.
946 Hilaire). 115f. **Dissertação** (Mestrado em Química) – Universidade Federal de São
947 Carlos, 2016.
- 948 DIECK, H.T.; RING, F.D.; ROTH, H.P., et al. Changes in Rat Hepatic Gene Expression in
949 Response to Zinc Deficiency as Assessed by DNA Arrays. **J. Nutr.** 133:1004–1010,
950 2003.

- 951 DOZIER, W.A.; DAVIS, A.J.; FREEMAN, M.E., et al. Early growth and environmental
952 implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks.
953 **British Poultry Science**. 44:48-57, 2003.
- 954 GAJULA,S.S.; CHELASANI, V.K.; PANDA, A.K, et al. Effect of Supplemental Inorganic
955 Zn and Mn and their Interactions on the Performance of Broiler Chicken, Mineral
956 Bioavailability, and Immune Response. **Biol Trace Elem Res**, 139:177–187, 2011.
- 957 GERALDO, A.; PINTO, D.M.; BRITO, J.A.G., et al. Diferentes programas de suplementação
958 de microminerais para poedeiras semipesadas em primeiro ciclo de produção. **Arquivos**
959 **de Pesquisa Animal**. 1:48-57, 2012.
- 960 GHEISARI, A.A.; FATHKOOHI, A.R.; TOGHYANI, M., et al. Effects of organic chelates of
961 zinc, manganese and copper in comparison to their inorganic sources on performance of
962 broiler chickens. **Journal of Animal & Plant Sciences**, 2: 630- 636, 2010.
- 963 GOMES, P.C.; RIGUEIRA, D.C.M.; BRUMANO, G., et al. Níveis nutricionais de zinco para
964 frangos de corte machos e fêmeas nas fases de crescimento e terminação. **R. Bras.**
965 **Zootec**. 38:1719-1725, 2009.
- 966 KIDD, M. T.; QURESHI, M.A.; FERKET, P.R. Dietary Zinc-Methionine Enhances
967 Mononuclear-Phagocytic Function in Young Turkeys. **Biological Trace Element**
968 **Research**. 42:217-229, 1994.
- 969 KLASING, K.C. Comparative Avian Nutrition. **Oxford University Press**. 40:350, 1998.
- 970 LIMA, I.A.V.; MIYADA, V.S. Cobre Orgânico e Inorgânico como Promotores do
971 Crescimento de Leitões Recém-Desmamados. **R. Bras. Zootec**. 32:1657-1662, 2003.
- 972 MACIEL, M.P.; SARAIVA, E.P.; AGUIAR, E.F., et al. Effect of using organic
973 microminerals on performance and external quality of eggs of commercial laying hens at
974 the end of laying. **R. Bras. Zootec**. 39:344-348, 2010.
- 975 MANANGI, M.K.; VAZQUEZ-AÑON, M.; RICHARDS, J.D. Impact of feeding lower levels
976 of chelated trace minerals versus industry levels of inorganic trace minerals on broiler
977 performance, yield, footpad health, and litter mineral concentration. **J. Appl. Poult. Res.**
978 21:881–890, 2012.
- 979 NOLLET, L.; KLIS, J.D.V.; LENSING, M., et al. The Effect of Replacing Inorganic With
980 Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral
981 Excretion. **J. Appl. Poult. Res**. 16:592-597, 2007.
- 982 NUNES, J.K.; SANTOS, V.L.; ROSSI, P. et al. Qualidade de ovos e resistência óssea de
983 poedeiras alimentadas com minerais orgânicos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 65:610-
984 618, 2013.
- 985 PANG, Y.; APPLGATE, T.J. Effects of Dietary Copper Supplementation and Copper
986 Source on Digesta pH, Calcium, Zinc, and Copper Complex Size in the Gastrointestinal
987 Tract of the Broiler Chicken. **Poultry Science**. 86:531–537, 2007.

- 988 PANG, S.; ZHANG, L.; WANG, H. CD81 T cells specific for b cells encounter their cognate
989 antigens in the islets of NOD mice. **Eur. J. Immunol.** 39: 2716–272, 2009.
- 990 PEÑA, M.M.O.; LEE, J.; THIELE, D.J. A Delicate Balance: Homeostatic Control of Copper
991 Uptake and Distribution. **J. Nutr.** 129: 1251–1260, 1999.
- 992 POPE, C.R. Pathology of lymphoid organs with emphasis on immunosuppression. **Vet.**
993 **Immunol. Immunopathol.** 30:31-44, 1991.
- 994 SALABI, F.; BOUJARPOOR, M.; FAYAZI, J., et al. Effects of different levels of zinc on
995 the performance and carcass characteristics of broiler reared under heat stress condition.
996 **Journal of Animal and Veterinary Advances.** 10:1332-1335, 2011.
- 997 SANTOS, T.S. Efeito de fitases de origem bacteriana no desempenho e qualidade óssea de
998 frangos de corte. 86f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual
999 Paulista, 2016.
- 1000 SAENMAHAYAK, B.; BILGILI, S.F.; HESS, J.B., et al. Live and processing performance of
1001 broiler chickens fed diets supplemented with complexed zinc. **J. Appl. Poult. Res.** 19:
1002 334–340, 2010.
- 1003 SEEDOR, J.G. The bisphosphonate alendronate (MK-217) inhibit bone loss due to
1004 ovariectomy in rats. **Journal of Bone and Mineral Research.** 4:265-270, 1991.
- 1005 SHILS, M.; OLSON, J. A.; MOSHE, S., et al. **Tratado de Nutrição Moderna na Saúde e**
1006 **na Doença.** Editora Monole. 9º Edição. Volume I, 2002.
- 1007 SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos).**
1008 Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- 1009 SIRRI, F.; MAIORANO, G.; TAVANIELLO, S., et al. Effect of different levels of dietary
1010 zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial
1011 chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality
1012 defects of broiler chickens. **Poultry Science.** 95:1813–1824, 2016.
- 1013 WEDEKIND, K. J.; HORTIN, A. E., e Baker., D.H. Methodology for Assessing Zinc
1014 Bioavailability: Efficacy Estimates for Zinc-Methionine, Zinc Sulfate, and Zinc Oxide. **J.**
1015 **Anim. Sci.** 70:178-187, 1992.
- 1016 YAN, F.; KEEN, C.A.; ZHANG, K.Y., et al. Comparison of Methods to Evaluate Bone
1017 Mineralization. **J. Appl. Poult.**, 14: 492–498, 2005.
- 1018
- 1019
- 1020