

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE MINERAIS ORGÂNICOS NO
DESEMPENHO, QUALIDADE DE OVOS E QUALIDADE
ÓSSEA DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO
CICLO DE PRODUÇÃO**

ÉRIKA SALGADO POLITI BRAGA SALDANHA

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do Título
de Doutor.**

BOTUCATU - SP

Dezembro – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**EFEITOS DE MINERAIS ORGÂNICOS NO
DESEMPENHO, QUALIDADE DE OVOS E QUALIDADE
ÓSSEA DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO
CICLO DE PRODUÇÃO**

ÉRIKA SALGADO POLITI BRAGA SALDANHA

Zootecnista

Orientador: Prof. Adj. Edivaldo Antonio Garcia

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia como parte
das exigências para obtenção do Título
de Doutor.**

**Botucatu – SP
Dezembro – 2008**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S162e Saldanha, Érika Salgado Politi Braga, 1964-
Efeitos de minerais orgânicos no desempenho, qualidade de ovos e qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção / Érika Salgado Politi Braga Saldanha. - Botucatu : [s.n.], 2008.
iv, 90 f.: tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2008
Orientador: Edivaldo Antonio Garcia
Inclui bibliografia.

1. Muda forçada. 2. Ovos - Produção. 3. Desempenho. 4. Minerais na nutrição animal. I. Garcia, Edivaldo Antonio. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

“A vida não dá nem empresta, não se comove nem se apieda!..

Tudo quanto ela faz é retribuir e transferir

tudo aquilo que nós lhe oferecemos.”

Albert Einstein

**“Não importa onde você parou,
em que momento da vida você cansou....
O que importa é que sempre é possível recomeçar!
Recomeçar é dar uma nova chance a si mesmo...
É renovar as esperanças, e o mais importante:
acreditar em você de novo.”**

Carlos Drumond de Andrade

**“Cada um de nós compõe a sua história
e cada ser em si carrega o dom de ser capaz e ser feliz!”**

Almir Sater e Renato Teixeira

**“Loucura é fazermos sempre as mesmas coisas
e esperarmos por resultados diferentes!..”**

Aos meus pais Conceição e Arnaldo Politi
pelo amor, educação e esforço que fizeram
para que eu conseguisse conquistar
cada etapa de minha vida;

Ao meu marido Rodrigo Braga Saldanha
e meus filhos Tiago e Laura Politi Saldanha
que estiveram sempre ao meu lado
e não me deixaram desanimar;

À minha irmã Marina e meu cunhado Katashi Okoshi
que me incentivaram e contribuíram de maneira expressiva
com seus ensinamentos, conselhos e, principalmente, exemplos,
tanto em minha formação profissional como pessoal.

DEDICO

A todos meus familiares, em especial meus sogros
D. Neuza e Sr. Severino Saldanha
que vivem torcendo por mim;

Aos amigos
Edivaldo Antonio Garcia,
Elisabeth Gonzales,
Ariel Antonio Mendes e
José Roberto Sartori,
bases sólidas em minha carreira profissional;

Às amigas Carla Cachoni Pizzolante e
Ana Beatriz Garcia Faittarone
pelo auxílio e apoio na condução experimental,
amizade, confiança, e companheirismo ao longo desta jornada,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Unesp, Campus de Botucatu e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

A Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA / SAA do Estado de São Paulo, em especial Dr. Irineu Arcaro Júnior, Dr. Marcelo de Almeida Silva e Dra. Aparecida Marques pela confiança e oportunidade de meu aperfeiçoamento científico.

Ao Prof. Dr. Edivaldo Antonio Garcia por ter me dado a oportunidade de ser sua orientada e que esteve presente com enorme dedicação, sabedoria, amizade e, sobretudo, paciência, contribuindo muito em minha formação, tanto profissional como pessoal.

Aos professores do Departamento de Produção Animal, em especial ao Prof. Dr. Heraldo César Gonçalves, pela amizade e colaboração na realização das análises estatísticas.

Aos Professores da Pós-Graduação da FMVZ pela orientação, amizade e valiosos ensinamentos ao longo do curso.

Aos professores doutores Ariel Antonio Mendes, José Roberto Sartori, Valquíria Cação da Cruz e Ricardo Albuquerque pela participação na banca da defesa e sugestões que muito contribuíram com este trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia, em especial Renato e Conceição pela colaboração na condução das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação Seila Cristina Cassineli Viera e Danilo Juarez Teodoro Dias pela paciência, atenção e auxílios prestados.

Aos Funcionários da FMVZ, principalmente Solange Aparecida Ferreira de Souza e José Luis Barbosa de Souza, pelos auxílios prestados, convivência e amizade.

Aos pesquisadores da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Brotas Carla C. Pizzolante, Antonio de P. Deodato, Vanderley B. O. Leite, Gustavo J. Braga e Claudia M. Attanasio pelo apoio e incentivo e aos funcionários Ana M. M. R. Spigolon, Nilson V. Pedro, Gilmar D. Nave, Paulo P. Padilha e Valdir A. Ribeiro pela colaboração e dedicação na condução do experimento.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, em especial Ana Beatriz, Andréa, Daniela, Kleber, Anderson, Francine e Liliane pelo apoio, convívio, momentos de descontração e boas risadas! TRUCO!!!!

Aos pais dos amigos de meus filhos, principalmente Andréia e Décio Sanches, que ajudaram a cuidar de minha prole durante minhas ausências.

A Ana Maria de Oliveira Rodrigues, preciosa secretária do lar, em quem pude confiar e sobrecarregar com os cuidados de minha família e casa durante minhas ausências.

Aos meus amigos brotenses que torceram por mim, em especial Maribi e Jacaúna, Karina e Ronaldo Karan, Regiane e Evandro Farsoni, Cris e João Baltieri e Zé das Araras.

Aos funcionários do Recanto das Cachoeiras pela imensa torcida!

Tortuga® Pelo apoio financeiro necessário para a realização desta pesquisa

E a todos, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho,

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS!

SUMÁRIO

	Pg
CAPÍTULO 1	1
I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
Importância dos minerais para as aves	3
Cálcio	4
Fósforo	6
Ferro	8
Cobre	8
Selênio	9
Iodo	10
Zinco	10
Manganês	11
Minerais orgânicos	12
Absorção e biodisponibilidade dos minerais orgânicos	16
Minerais orgânicos na alimentação de poedeiras	20
III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 2	32
EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE MICROMINERAIS SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS DE PODEIRAS SEMI-PESADAS APÓS A MUDA FORÇADA	33
Resumo	33
Abstract	34
Introdução	35
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão	41
Conclusão	44
Referências Bibliográficas	45

SUMÁRIO

	Pg
CAPÍTULO 3	49
EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS SOBRE A QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO	50
Resumo	50
Abstract	51
Introdução	52
Material e Métodos	54
Resultados e Discussão	58
Conclusão	63
Referências Bibliográficas	63
CAPÍTULO 4	67
EFEITO DA TEMPERATURA E TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DOS OVOS DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO SUBMETIDAS A DIETAS COM NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS	68
Resumo	68
Abstract	69
Introdução	70
Material e Métodos	72
Resultados e Discussão	76
Conclusões	84
Referências Bibliográficas	84
CAPÍTULO 5	89
IMPLICAÇÕES	90

ÍNDICE DE TABELAS

	Pg
CAPÍTULO 2	32
Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com diferentes fontes e níveis de microminerais.....	39
Tabela 2. Peso dos ovos (PO), produção de ovos (PR), massa de ovos (MO), consumo de ração (CR), conversão alimentar por massa (CAkg/kg), conversão alimentar por dúzia (CAkg/dz) e mortalidade (MORT) de poedeiras comerciais semi-pesadas no segundo ciclo de produção em função da inclusão de minerais inorgânicos (MI) e minerais orgânicos (MO) às dietas	41
Tabela 3. Resultados médios das características de qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais	43
 CAPÍTULO 3	 49
Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com diferentes fontes e níveis de microminerais.....	56
Tabela 2. Resultados médios referentes à qualidade de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas com suplemento mineral inorgânico (MI) e níveis de suplemento mineral orgânico (MO) (Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se)	59
Tabela 3. Teor de proteína e composição mineral na matéria seca da gema de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas com suplemento mineral inorgânico (MI) e níveis de suplemento mineral orgânico (MO)	61

ÍNDICE DE TABELAS

	Pg.
CAPÍTULO 4	67
Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com diferentes fontes e níveis de microminerais....	74
Tabela 2. Resultados médios de qualidade dos ovos armazenados por 14 dias em temperatura ambiente e refrigerada	76
Tabela 3. Equações de regressão das unidades Haugh em função das fontes de minerais avaliadas em temperatura ambiente e refrigerada durante período de 0, 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento	78
Tabela 4. Equações de regressão do índice gema, unidades Haugh e gravidade específica avaliadas durante período de 0, 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento em temperaturas ambiente e refrigerada....	79
Tabela 5. Resultados médios de gravidade específica, índice gema e unidades Haugh referentes a ovos armazenados por período de 0, 3, 7, 10 e 14 dias em temperaturas ambiente e refrigerada.	80
Tabela 6. Efeito do período de armazenamento sobre a qualidade interna e externa de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais	81
Tabela 7. Efeito da temperatura durante período de 14 dias de armazenamento sobre a qualidade de ovos de poedeiras semi-pesadas pós muda submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais	83

CAPÍTULO 1

I. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A muda forçada é uma prática adotada por granjas comerciais para utilização do mesmo lote de aves em um segundo ciclo de postura por diminuir os custos de reposição dos lotes, uma vez que o custo de amortização da poedeira que sofreu muda fica abaixo do da franga de reposição. A grande vantagem dessa técnica de manejo é o rápido retorno econômico. Em quatro ou cinco semanas, aves submetidas a muda forçada retomam a produção, apresentando maior taxa de postura e melhor qualidade da casca do ovo em relação ao final do primeiro ciclo de produção, por um período de treze a dezesseis semanas (Garcia, 2004).

A muda em poedeiras comerciais pode ser induzida por métodos quantitativos ou qualitativos. Esses métodos consistem em submeter as aves a determinadas condições de estresse, tais como restrição alimentar completa ou parcial por alguns dias, restrição de água, utilização de dietas com baixos níveis de cálcio ou sódio ou, ainda, altas em zinco (Garcia, 2004).

A casca dos ovos, no final do primeiro ciclo de postura, apresenta menor espessura e resistência, justamente quando o peso dos ovos é maior. A qualidade da casca, passível de ser melhorada, é o principal ponto que deve ser focado quando a muda induzida é realizada (Koelkebeck et al., 1992).

Os minerais são importantes na alimentação das aves por participarem nos processos bioquímicos corporais, destacando-se a essencialidade na formação da casca do ovo (Sechinato, 2003). No entanto, as recomendações encontradas na literatura são para poedeiras em primeiro ciclo de produção, não havendo recomendações para poedeiras no segundo ciclo.

Nos últimos anos atenção especial tem sido dada à suplementação dietética para poedeiras com fontes de minerais quelatados ou orgânicos, assim denominados por constituírem-se de íons metálicos ligados a substâncias orgânicas. Essa ligação pode torná-los mais estáveis e menos sujeitos às interações, portanto, mais disponíveis ao organismo quando comparadas às formas inorgânicas.

Reddy et al. (1992) relataram que as formas orgânicas de micro elementos aumentam a biodisponibilidade dos minerais, podendo trazer vários benefícios às aves, como promover maior taxa de crescimento, ganho de peso e produção; reduzir a taxa de

mortalidade e o efeito do estresse calórico, além de melhorar a qualidade interna e externa dos ovos.

Entretanto, o número de trabalhos de pesquisa com minerais de fontes orgânicas na alimentação de poedeiras no segundo ciclo de produção é pequeno. Além disso, os resultados encontrados na literatura mostram informações controversas, indicando a necessidade de pesquisas com o intuito de avaliar a resposta da ave aos minerais orgânicos frente aos minerais inorgânicos, tanto no primeiro como no segundo ciclo de produção.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Importância dos minerais para as aves

Os minerais estão presentes em concentrações diversas em todos os ingredientes comumente utilizados nas formulações de rações e nos tecidos animais, representando 3 a 4 % do peso vivo das aves.

Para obter-se uma nutrição ideal é necessário que a ave receba quantidade adequada de nutrientes, incluindo-se os minerais, que participam nos processos bioquímicos corporais, destacando-se na formação da casca do ovo (Albuquerque, 2004).

As necessidades orgânicas reais de minerais visando adequada nutrição dependem de uma série de fatores, sendo a absorção ponto fundamental para o aproveitamento dos minerais. De maneira geral, existe uma barreira intestinal (condições físico-químicas, pH e viscosidade intestinal) que dificulta a absorção da maioria dos minerais. Outro fator a considerar é a solubilidade das fontes de minerais normalmente disponíveis para serem utilizadas na suplementação de rações de aves. Essas fontes podem estar na forma de sais com estabilidades e hidratação variadas ou tidas como orgânicas ou quelatadas. Portanto, os níveis dietéticos normalmente utilizados podem encontrar-se, às vezes, além das necessidades reais, resultando em baixo aproveitamento mineral com conseqüente poluição ambiental pelo excesso de excreção (Bertechini, 2003).

Os minerais são classificados em macro ou micro minerais, cujas necessidades no organismo são superiores ou inferiores a 70 mg/kg de peso vivo do animal, respectivamente (Bondi, 1987).

Cálcio

O cálcio (Ca) é o componente inorgânico mais abundante no esqueleto, exercendo função estrutural além de outras funções biológicas essenciais. De sua totalidade, 99 % encontra-se no tecido ósseo, sendo requerido em quantidade maior que qualquer outro mineral (Sa et al., 2004). A homeostase do cálcio é um dos mecanismos mais importantes responsáveis pela manutenção da integridade do esqueleto (Mazzuco, 2006).

O cálcio atua regulando a contração muscular, transmissão do impulso nervoso, coagulação sanguínea e adesão celular. Devido a sua grande utilização, encontra-se sempre em transição entre o plasma e os ossos. Quando a ingestão é suficiente ou excessiva, o cálcio é rapidamente depositado nos ossos; porém, quando em concentração insuficiente, o cálcio dos ossos é mobilizado, aumentando sua concentração no sangue (Simões, 2005). Esse mecanismo fisiológico é particularmente importante para aves em postura devido à alta exigência de cálcio para formação da casca durante toda a vida produtiva (Mazzuco, 2006).

A absorção de cálcio está diretamente relacionada com a demanda orgânica deste elemento e a falta ou excesso na dieta acarreta prejuízos nutricionais. Existe um limite, abaixo do qual o organismo não consegue a manutenção da calcemia necessária às funções vitais, afetando o desempenho e as características fisiológicas das aves. Por outro lado, níveis excessivos alteram a condição intestinal para o aproveitamento dos outros minerais, também afetando o desempenho das aves (Bertechini, 2003).

Poedeiras em fase de postura demandam alta quantidade de cálcio, não só para a manutenção do metabolismo ósseo, como para deposição na casca dos ovos. A deposição diária desse mineral na casca do ovo corresponde a 10 % do total estocado no organismo da ave, evidenciando a importância do cálcio na alimentação das poedeiras (Mazzuco, 2006).

O cálcio é obtido via circulação sanguínea após absorção intestinal (duodeno e jejuno); via reabsorção óssea, particularmente dos ossos medulares (como a tíbia e úmero) ou, sob algumas condições de deficiência de cálcio, também de ossos estruturais como o osso cortical. A importância relativa do intestino e ossos como fontes de cálcio depende da concentração do mineral na dieta. Se a concentração de cálcio na ração da poedeira estiver próxima ou superior a 3,6 %, a maior parte do cálcio da casca é

derivada diretamente do intestino; porém, se o nível de cálcio for igual ou menor a 2 %, 30 a 40 % do cálcio presente na casca do ovo será suprido via reabsorção do osso. A reabsorção óssea ocorre com maior intensidade quando as fontes de cálcio não estão disponíveis no trato digestivo para pronta utilização e deposição na casca, que ocorre geralmente no período noturno. Desse modo, alta proporção de cálcio da casca é obtida dos ossos medular e cortical (Mazzuco, 2006).

O cálcio dietético, uma vez absorvido, apresenta-se na corrente sangüínea sob duas formas: ligado à proteína transportadora ou sais orgânicos e livre. A forma não difusível, a complexada, funciona como um "estoque plasmático", altamente disponível para ser ionizado assim que o cálcio difusível vai sendo utilizado na formação da casca. O excesso de cálcio é depositado nos ossos, estrutural ou medular, constituindo estoque menos lábil, mas não menos importante, principalmente quando o processo de formação da casca ocorre durante o período em que a ave fica no escuro e não se alimenta (Mazzuco, 2006).

Os fatores primários que influenciam o metabolismo do cálcio são o fósforo, vitamina D, sistemas hormonais e idade da ave (Nunes, 1998). O cálcio, fósforo e vitamina D são elementos intimamente associados no metabolismo animal, muitas vezes combinados entre si, de modo que a carência de um deles na dieta limita o desempenho das aves.

O cálcio sérico é mantido constante por um mecanismo homeostático que envolve o paratormônio (PTH), sintetizado pelas glândulas paratiróides; calcitonina (CT), sintetizada nas glândulas ultimobranchiais das aves; as formas ativas da vitamina D, particularmente 1,25 dihidroxicolecalciferol ($1,25 (OH)_2 D_3$) e a proteína de ligação do cálcio (Nunes, 1998).

A vitamina D absorvida pelo intestino é transportada pela corrente sanguínea para vários tecidos do organismo, principalmente para o fígado, onde é convertida em 25-hidroxicalciferol, o qual é levado até os rins para ser convertido em 1,25-dihidroxicalciferol. Posteriormente, este composto é direcionado pelo sangue ao intestino e ossos. Aproximadamente, 70 % da absorção do cálcio são dependentes da vitamina D na sua forma D_3 , a forma com mais alta atividade para as aves (Mazzuco, 2006).

Sob condições de hipocalcemia, as glândulas paratireóides são estimuladas a aumentar a secreção de paratormônio, elevando a reabsorção óssea de cálcio e a conversão da forma inativa da vitamina D na sua forma ativa (1,25 dihidroxicolecalciferol), (Nunes, 1998). A vitamina D₃ ativada age no intestino, estimulando a absorção de cálcio; no osso, aumentando o recrutamento de osteoclastos, estimulando a síntese de proteínas pelos osteoblastos e participando na mineralização da matriz (Fernandes, 2005). Ocorre, também, aumento na síntese da proteína ligadora de cálcio, a qual promove a absorção intestinal de cálcio, estabilizando os níveis sangüíneos deste mineral. Quando o nível plasmático de cálcio está alto, as células C das glândulas último branquiais das aves são estimuladas a aumentar a secreção de calcitonina, que diminui a reabsorção óssea, normalizando o nível de cálcio no sangue.

Quanto aos níveis de cálcio em rações de poedeiras comerciais, existem recomendações variadas indicadas nas tabelas. Enquanto o National Research Council (NRC, 1994) indica o consumo de 3,25 g/dia para poedeiras, Rostagno et al. (2000) sugere 4,02 g/dia e ainda Leeson & Summers (2001) sugerem 3,5 g/dia como adequado. As razões que dificultam o estabelecimento das exigências de cálcio estão, possivelmente, no melhoramento genético, diferenças entre espécies, tamanho e solubilidade da partícula do carbonato de cálcio, os quais influenciam a disponibilidade desse mineral, palatabilidade da ração e habilidade da ave em ajustar o consumo para obter suas necessidades diárias (Oliveira et al., 2002).

Fósforo

O fósforo (P), depois do cálcio, é o elemento mineral mais abundante no corpo animal, compreendendo 22 % dos minerais totais do organismo. A maior parte do fósforo corporal localiza-se no esqueleto.

O fósforo desempenha uma função importante na fisiologia celular e na mineralização óssea, atuando como um constituinte essencial dos ácidos nucléicos e na hidroxiapatita dos ossos, respectivamente (Mazzuco, 2006). Destaca-se, ainda, atuação no metabolismo de lipídeos, glicídeos e protídeos, atuação no equilíbrio ácido-básico das aves, além de participar como componente nos fosfolipídeos das membranas celulares, considerado metabolicamente o mineral mais utilizado.

O fósforo é o mineral que acompanha o metabolismo do cálcio, principalmente no que se refere à absorção em níveis séricos. Existe um limite estreito da calcemia, sendo o fósforo um dos fatores deste controle. A redução dos níveis séricos de cálcio depende da sua eliminação renal e incorporação na matriz óssea, juntamente com o fósforo. A deficiência de um deles na dieta limita o valor nutritivo de ambos (Bertechini, 2003).

As exigências da poedeira em fósforo estão intimamente associadas com as exigências de cálcio e com a dinâmica do “turnover” ósseo. Quando há intensa atividade dos osteoclastos (células responsáveis pela reabsorção óssea), maior concentração de fósforo no plasma é observada em função da liberação de cálcio e fósforo dos ossos. Em situações de limitação de fontes de fósforo (restrição alimentar ou jejum severo), o fósforo (na forma de fosfato) presente nos ossos torna-se a fonte endógena para as necessidades metabólicas do organismo. Embora não esteja diretamente envolvido na formação da casca do ovo, níveis mínimos de fósforo são requeridos para a formação óssea e isso é muito importante em lotes velhos, nos quais a osteoporose e a fadiga de gaiola podem representar um problema (Mazzuco, 2006).

A absorção do fósforo é dada por difusão simples seguindo gradiente de concentração, mas existem evidências de que sua absorção parece envolver um transporte ativo, com gasto de energia, sendo esse processo estimulado pela vitamina D e sódio dependente. A quantidade absorvida é dependente da fonte, relação Ca:P, pH intestinal, consumo de lactose, nível de vitamina D₃, gordura da dieta, níveis de cálcio e outros elementos (Rutz & Lima, 1994).

O fósforo absorvido no intestino circula pelo corpo e é facilmente extraído do sangue para ser utilizado pelos ossos, podendo também ser reabsorvido dos ossos para manter níveis normais no plasma sanguíneo durante os períodos de escassez na dieta. O mecanismo de transporte envolve a ação dos hormônios paratireoideano (PTH), calcitonina (CT) e estrógeno, que atuam nos órgãos, ossos, rins e intestino (Mazzuco, 2006).

O paratormônio estimula o movimento do cálcio e fosfato dos ossos para o sangue e estimula os rins a aumentarem a reabsorção de cálcio e a excreção de fosfato. Nos rins, estimula a formação de 1,25-dihidroxicolecalciferol (1,25 (OH)₂D₃), que ativará a síntese de proteína transportadora no intestino, aumentando a absorção intestinal de cálcio e fosfato e, provavelmente, permitirá a ação do paratormônio nos ossos e rins. As

ações conjuntas desses compostos aumentam os níveis de cálcio no fluido extracelular, mantendo ou diminuindo as concentrações de fosfato.

A calcitonina atua no metabolismo do fosfato causando a entrada de fosfato nas células ósseas e no fluido periósseo, enquanto diminui o movimento do cálcio dos ossos para o plasma. Essa entrada de fosfato pode ser acompanhada pelo cálcio, pois os efeitos hipocalcêmicos da calcitonina dependem muito do fosfato.

Ferro

O ferro (Fe) é o mineral responsável, entre outras funções, pela formação de um quelato na forma de porfirina com globina, a hemoglobina, que transporta o oxigênio para os tecidos (Maynard, 1984). Segundo Underwood (1999), a absorção de ferro nos monogástricos é afetada pela idade, estatus de ferro no organismo, condições do trato gastrointestinal, particularmente do duodeno, que é o principal sítio de absorção, quantidade e forma química do ferro ingerido e quantidade e proporção de outros minerais e compostos na dieta, os quais podem interagir com o micromineral. Os metais divalentes que afetam a absorção de ferro na dieta são o cobre, manganês, cobalto e cádmio, os quais podem competir pelo seu sítio de absorção.

Em condições fisiológicas normais a excreção de ferro é mínima, sendo a maioria deste mineral contida nas fezes, proveniente do ferro não absorvido na dieta (Albuquerque, 2004).

Cao et al. (1996) relatou que as galinhas poedeiras possuem maior necessidade de ferro na dieta, pois cada ovo possui cerca de 1,5 mg, o que representa 25 % das reservas disponíveis no fígado.

Cobre

O cobre (Cu) é essencial para reprodução, crescimento, desenvolvimento do tecido conectivo e pigmentação da pele (Underwood, 1999). É um componente de proteínas sanguíneas como a eritrocupreína, encontrada nos eritrócitos, exercendo função em muitos sistemas enzimáticos (Leeson & Summers, 2001) e é essencial para a formação normal dos ossos, sendo ativador da lisil oxidase, enzima que participa da biossíntese de colágeno (Scott et al., 1982, Vicenzi, 1996, Leeson & Summers, 2001). Segundo Underwood (1999), o cobre só é superado pelo zinco no número de enzimas ativadas.

A carência de cobre determina a produção de ovos com má formação da casca e maior incidência de ovos sem casca. As causas não são conhecidas, porém, o istmo possui um conteúdo muito alto em cobre (Vicenzi, 1996).

Selênio

O selênio (Se) é um micromineral essencial componente de enzimas envolvidas na proteção antioxidante e no metabolismo da tireóide. Uma das principais funções do selênio é a participação na enzima glutathione peroxidase. Essa enzima oxida a glutathione e destrói peróxidos, prevenindo ataque dos peróxidos aos ácidos graxos poliinsaturados presentes nas membranas lipídicas (Leeson & Summers, 2001). Da mesma maneira que protege as membranas celulares dos radicais livres, há também a proteção das membranas das mitocôndrias e dos microssomas. Todas essas ações anti-oxidativas do selênio dependem da sua interação com a vitamina E, tendo os dois ação essencial nos mecanismos de defesa (Pereira, 2005).

A interdependência selênio/vitamina E tem diversas vantagens para o organismo, como preservação da integridade do pâncreas, permitindo digestão normal das gorduras e a absorção da vitamina E que é lipossolúvel; destruição dos peróxidos, reduzindo a quantidade da vitamina E necessária para manter a integridade da membrana celular e conservação da vitamina E por mais tempo no plasma. A vitamina E poupa o selênio por sua capacidade antioxidante (Leeson & Summers, 2001).

A absorção do selênio depende da sua apresentação química. O selênio das plantas pode chegar a 90 % de aproveitamento, sendo a forma de selenito a mais aproveitável, seguida pela seleniomethionina e a forma elementar. Os aminoácidos que contêm selênio são absorvidos pelo trato digestivo de forma ativa e eficiente, através da via de transporte de aminoácidos, e podem ser distribuídos diretamente para o organismo por meio da circulação sanguínea (Combs & Combs, 1986) Na forma inorgânica e como Se-Cys o selênio não é ativamente transportado (Leeson & Summers, 2001).

O selênio absorvido é levado aos diversos tecidos do organismo ligado a proteínas plasmáticas, sendo encontrado em maiores concentrações nos rins, fígado, glândula pituitária e pâncreas (Pereira, 2005). No fígado é utilizado para síntese de selenoproteínas biologicamente ativas.

A suplementação de selênio nas rações de poedeiras não apenas previne os sintomas de deficiências, mas também permite aumentar a concentração deste mineral nos ovos, o que favorece uma maior ingestão de selênio pelos consumidores deste produto. Davis & Fear (1996) mostraram a importância do selênio na produção de ovos, uma vez que ocorre uma relação linear entre o selênio da dieta e aquele presente no ovo. Além disso, o incremento dos níveis de selênio nos ovos possibilita a manutenção da qualidade interna dos ovos durante os períodos de estocagem (Franco & Sakamoto, 2005).

Iodo

O iodo (I) é um micromineral necessário em pequenas quantidades no organismo, mas de fundamental importância para o funcionamento da glândula tireóide (Torres, 1969). O único papel fisiológico conhecido do iodo é o da participação na síntese dos hormônios da tireóide. As principais funções dos hormônios da tireóide são o aumento do consumo do oxigênio, estímulo à síntese das proteínas e no metabolismo dos carboidratos, lipídeos e vitaminas (Pereira, 2005).

O ovo possui, em média, 4 a 10 µg de iodo, sendo que a maior parte está na gema, mas segundo Underwood (1981) essa quantidade pode ser maior com o aumento dos níveis de iodo na dieta. Entretanto, a adição de iodo parece não ter efeito na qualidade da casca do ovo (Vicenzi, 1996).

Zinco

O zinco (Zn) apresenta funções importantes no organismo, tais como fixação do cálcio sob a forma de carbonato de cálcio nos ossos e nos ovos, e ativação dos sistemas enzimáticos (Torres, 1969). Como constituinte de metaloenzimas, desempenha papel importante na qualidade da casca, pois está diretamente relacionado com a atividade da anidrase carbônica que controla a transferência de íons bicarbonato do sangue para a glândula da casca (Mabe et al., 2003).

A absorção de zinco ocorre principalmente no intestino delgado, sendo que a taxa de absorção está entre 15 e 40 %. Os tecidos muscular e ósseo são os principais tecidos de reserva de zinco e possuem capacidade de liberar possíveis excedentes em condições de deficiência na dieta (Emmert & Baker, 1995; Underwood, 1999).

Agentes quelantes, como o fitato, podem interagir com o zinco e afetar a sua biodisponibilidade (Ammerman et al., 1998). Por outro lado, aminoácidos como a histidina e cisteína podem agir como facilitadores na absorção, aumentando a disponibilidade de zinco (Clydesdale, 1998).

Leeson & Summers (2001) trabalharam com poedeiras e observaram que a deficiência de zinco na dieta proporcionou redução na produção de ovos. A suplementação de 100 a 200 ppm de zinco propiciou melhora na qualidade da casca do ovo (Vicenzi, 1996).

Klecker et al. (1997) e Lundeen (2001) demonstraram melhora da qualidade da casca com dietas suplementadas com manganês e zinco quelatados, comparadas com dietas suplementadas com a forma inorgânica.

Manganês

O manganês (Mn) é essencial para deposição normal e espessura da casca. A suplementação desse microelemento inorgânico em dietas à base de milho e farelo de soja tem levado a interações com fitatos presentes, reduzindo sua disponibilidade para a ave. Além desse fato, rações com altos teores de cálcio, normalmente utilizadas para poedeiras, podem interferir no aproveitamento desse micromineral.

O manganês é ativador metálico das enzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas que contribuem na formação da matriz orgânica dos ossos e da casca dos ovos (Georgievskii, 1982), sendo essencial para o desenvolvimento normal dos ossos, manutenção do funcionamento do processo reprodutivo em machos e fêmeas e responsável pela ativação de várias enzimas (Underwood, 1981). No organismo das aves, o osso é a fonte mais rica em manganês, com cerca de 3 a 4 µg/g de tecido, seguido pelo fígado com 2 µg/g (Leeson & Summers, 2001).

O manganês atua, ainda, como componente chave da enzima polimerase, que estimula a produção da matriz da casca (mucopolissacarídeos). A deficiência de manganês na dieta aumenta a incidência de ovos de casca fina. Leach & Gross (1983) descreveram defeitos na casca, menor peso da casca e diminuição na produção de ovos de galinhas com deficiência dietética de manganês.

Ao retirar minerais traços da dieta de poedeiras comerciais por 10 dias, Abdallah et al. (1994) observaram que o manganês parece ser o mineral traço mais crítico para a qualidade da casca do ovo. A carência de manganês resulta em cascas com menor número de cones de boas dimensões na base mamilar, devido à fusão da base dos vários cones primários, além de cascas mais fracas e maior incidência de áreas translúcidas (Vicenzi, 1996).

A eficiência de absorção do manganês é bastante baixa. Outros minerais como cálcio, fósforo e ferro podem reduzir a solubilidade do manganês e inibir sua absorção. O manganês compete pelos sítios de absorção de ferro e cobalto no enterócito.

Os microminerais estão presentes na composição corporal e nas funções corporais quase que exclusivamente como complexos ou quelatos orgânicos, e não como íons inorgânicos livres. A utilização dos microminerais inorgânicos depende da habilidade da ave em convertê-los a formas orgânicas biologicamente ativas (Santos, 1998).

O fornecimento de microminerais em rações para aves é normalmente feito com fontes minerais inorgânicas (óxidos, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos). As moléculas se dissociam liberando íons metálicos, como Zn^{++} , Mn^{++} e outros. Essas moléculas, ao chegarem ao intestino onde o transporte dos íons para o interior das células ocorre por difusão passiva ou transporte ativo, necessitam estar atreladas a um agente ligante ou molécula transportadora que permita a passagem através da parede intestinal, de modo que os íons sejam absorvidos e atinjam a corrente sanguínea, órgãos e tecidos. Muitas vezes estes íons não encontram o agente ligante e acabam sendo excretados. Nessas condições podem ocorrer perdas pela reação com compostos, como colóides insolúveis ou no processo de competição pelos sítios de absorção entre os elementos minerais, com interações antagônicas que inibem a absorção (Herrick, 1993). Esse fato justifica o interesse crescente em explorar fatores que aumentem a absorção ou metabolização dos elementos traço, como os minerais quelatados.

Minerais orgânicos ou quelatados

A palavra "quelato" vem do grego "chelae" que significa "garra ou pinça", um termo adequado para descrever a forma pelo qual os íons metálicos polivalentes são ligados aos compostos orgânicos ou sintéticos (Mellor, 1964).

Quelatos são misturas de elementos minerais ligados a algum tipo de carreador, tais como aminoácido ou polissacarídeo, em uma estrutura cíclica ou em anel, na qual um átomo de metal di ou multivalente é preso através de duas ou mais ligações formando um complexo coordenado. Geralmente, os quelatos são quimicamente mais estáveis que os complexos nos quais o elemento mineral está preso por uma única ligação química (Santos, 1998).

Para ser classificado como quelato, o ligante ou agente quelatante precisa: 1) conter um mínimo de dois grupos funcionais (oxigênio, nitrogênio, aminogruppo, hidroxila) cada um capaz de doar um par de elétrons para combinar (via ligação covalente coordenada) com o metal; 2) formar uma estrutura em anel heterocíclico com o metal (Kratzer & Vohra, 1986). Dessa forma, nem todos os complexos metálicos são quelatos. Dentre os agentes quelatantes ou quelantes, está o Ácido Etilenodiaminotetracético (EDTA) (Santos, 1998).

Os suplementos de minerais orgânicos comercialmente disponíveis variam quanto ao tipo de ligante ou ligantes usados para formar o metal complexado ou quelato. As diferenças entre as categorias dos microminerais orgânicos parecem ser sutis. Por exemplo, todos os quelatos são complexos, mas nem todos os complexos são quelatos. A garantia da quantidade depende da estrutura química do quelato, cuja definição é difícil (Santos, 1998).

A maioria dos minerais orgânicos é classificada como complexos, quelatos ou proteínatos. A "Association of American Feed Control Officials" – AAFCO (1997) definiu quatro tipos básicos de microminerais orgânicos:

- **Complexo metal-aminoácido:** é o produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um ou mais aminoácidos. Quando usado como ingrediente de uma ração comercial deve ser descrito como um complexo metal-aminoácido específico. Ex: Complexo ferro aminoácido (Fe-aminoácido).
- **Complexo metal-aminoácido específico:** produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um aminoácido específico, formando ligações covalentes coordenadas. Ex: zinco-metionina (Zn-Met), zinco-lisina (Zn-Lis), manganês-metionina (Mn-Met), ferro-metionina (Fe-Met), cobre-lisina (Cu-Lis).
- **Proteinato metálico:** é o produto resultante da quelação de um sal solúvel com aminoácidos e/ou proteínas parcialmente hidrolisados. Deve ser declarado como um

ingrediente proteinato-metal específico. Ex: Proteinato de cobalto. Comercialmente já estão disponíveis os proteinatos de cobre, cobalto, ferro, manganês e zinco.

- **Complexo metal-polissacarídeo:** é o produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com uma solução de polissacarídeos. Como ingrediente, é declarado como complexo metálico específico. Normalmente, envolvem Zinco e Manganês. Ex: Complexo Zinco-polissacarídeo.

- **Quelato metal-aminoácido:** produto resultante da reação de um sal metálico solúvel com aminoácidos na relação de um mol de metal para um a três moles de aminoácidos (preferencialmente dois), formando ligações covalentes de coordenação. Para se criar um complexo metal-aminoácido, as empresas comerciais inicialmente submetem uma fonte altamente pura de proteínas a um processo de extração de aminoácidos. Isto fornece aminoácidos livres e isentos de di ou tripeptídeos ou de outros fragmentos maiores de proteínas. Após serem assim isolados, estes aminoácidos livres são complexados com o micromineral específico na razão desejada (1:1, 1:2 ou 1:3 metal-aminoácido). São usados, preferencialmente, dois moles de aminoácidos para um de metal. O peso molecular médio dos aminoácidos hidrolisados deve ser aproximadamente 150 daltons, e o peso molecular resultante do quelato não deve exceder 800 daltons. Quando usado como ingrediente de rações comerciais, deve ser descrito como um complexo metal-aminoácido específico. Ex: zinco-metionina.

Segundo Leeson & Summers (2001), existem três grupos de quelatos que são reconhecidos pelo sistema biológico:

- Grupo I: quelatos que servem de transportadores e de estoque para íons metálicos. Com este tipo de quelato o metal requer um ligante com propriedades químicas e físicas que o quelato é capaz de ser absorvido, transportado no sangue e passar pela membrana celular, enquanto o íon metal é utilizado no local em que é exigido. Ex: aminoácidos, especialmente, cisteína e histidina e o EDTA.

- Grupo II: quelatos essenciais ao metabolismo. Existe um número de quelatos no organismo com estrutura na qual o íon metal está presente na forma quelatada, que é necessária para desempenhar funções metabólicas. A hemoglobina, enzimas citocromáticas e a vitamina B₁₂ são exemplos deste tipo de quelato.

- Grupo III: quelatos que interferem na utilização de cátions essenciais e não possuem valor biológico. Dentre esses quelatos está o ácido fítico (quelato de zinco) que pode

interferir no metabolismo normal por seqüestrarem minerais essenciais, deixando-o indisponível para as funções metabólicas.

Novas conquistas vêm sendo alcançadas na evolução das técnicas de quelação, e dependendo do tamanho da molécula e da natureza do composto orgânico ao qual o íon metálico está complexado, elas podem ser definidas como:

- Transquelatos: moléculas metálico-orgânicas que transportam mais de um átomo do mesmo metal ou de metais diferentes, ligados por ligações covalentes de coordenação a peptídeos com dois a 10 aminoácidos. Em virtude disto, apresentam peso molecular maior que um quelato simples, porém são similares às moléculas naturalmente encontradas nos alimentos, podendo atuar como ativadoras de funções biológicas específicas, além de protegerem os metais contra reações químico-enzimáticas do trato digestivo, facilitando a absorção pelo organismo (Silva & Baruselli, 2001). De acordo com Cazes & Soares (2004), tais moléculas podem, ainda, apresentar ação anti-estresse e potencializar as defesas orgânicas.

- Carboaminofosfoquelatos: produtos resultantes da união de transquelatos com oligo e polissacarídeos fosforilados enzimaticamente por processo fermentativo. São moléculas que permitem maior absorção dos minerais sem os efeitos negativos das interações com minerais inorgânicos e outros componentes da dieta (Cazes & Soares, 2004).

Para formação dos quelatos pode-se lançar mão de numerosas moléculas como ligantes que têm função específica no metabolismo. Elas são de baixo peso molecular e a capacidade oxidativa ou "ligante" depende do tamanho da molécula e da presença de radicais carboxílicos. As principais são os ácidos aminado, ascórbico, cítrico, glucônico e etilenodiaminotetracético (EDTA). Normalmente, um mineral pode fazer a ligação com uma, duas ou várias dessas moléculas para formar um "composto mineral organicamente ligado" ou "quelatado" podendo, assim, ser vendido como fonte de mineral. A estrutura química dos minerais orgânicos geralmente utilizados em dietas de aves é a de um mineral associado por uma ligação covalente a um único aminoácido.

Substâncias quelatadas são encontradas na maioria dos alimentos e ligados a vários nutrientes como proteínas, aminoácidos, peptídeos, polifosfatos, açúcares, amido, celulose, ácido cítrico, ácido oxálico e muitas outras substâncias orgânicas (Ashmead, 1992).

Absorção e biodisponibilidade dos minerais orgânicos

Para melhor compreender o funcionamento dos minerais orgânicos é importante saber o trajeto dos minerais dietéticos contidos nos tecidos animais, vegetais e sais orgânicos. Após a ingestão, ocorre ataque bacteriano que separa os minerais das estruturas vegetais através da hidrólise dos tecidos. Essa microbiota toma parte desses minerais para si. Como os íons metálicos são partículas carregadas eletricamente, que viajam em um campo elétrico de carga variante segundo o pH do órgão onde se encontram, existem partículas que os atraem, os prendem e se ligam a eles. Com isso, espera-se que ocorra uma perda relativamente alta devido à “quelações”, adsorções e a outras uniões químicas, sendo as principais as que ocorrem com micotoxinas, fitatos e proteínas (Santos, 1998).

Baseando-se no exposto a primeira condição que um mineral deve ter, para melhorar sua absorção, é estar previamente ligado para ser inerte e chegar ao ponto (sítio) de absorção no intestino delgado intacto. A segunda condição é a de ser absorvido sem necessidade de reorganizar suas moléculas para penetrar no enterócito (célula intestinal, por onde se realiza o transporte para a corrente sanguínea). Os minerais orgânicos, como têm cadeias de 2 a 3 aminoácidos ligados a um íon, penetram sem maiores problemas (Santos, 1998).

A vantagem de se utilizar minerais orgânicos está relacionada com a possibilidade de se ter um maior controle do nível de minerais na célula, o que é possível pelos seguintes fatores: elevada biodisponibilidade do mineral, isto é, capacidade de transpor facilmente a barreira das paredes intestinais e entrar em circulação no organismo; baixa toxicidade dos minerais e fácil inserção dos minerais nas moléculas específicas do organismo, onde exercem suas funções (Santos, 1998).

Quando um mineral é ingerido existe mais do que um mecanismo de transporte disponível para levá-lo do lúmen intestinal ao sangue. O sistema usado depende da forma com que o mineral assume quando se apresenta à membrana celular da mucosa. Depois da ingestão o sal mineral é ionizado no pH ácido do estômago. Em pH médio para mais alto há numerosas reações químicas que podem precipitar o cátion metálico e, portanto, interferir em sua absorção. Se nenhuma delas ocorrer, o cátion livre é ligado a uma proteína transportadora localizada nas células da mucosa e transportado por difusão passiva ou por transporte ativo para dentro da célula. Enquanto a assimilação pode

ocorrer em todo intestino delgado, é no pH relativamente baixo do duodeno que um mineral mantém o maior grau de solubilidade e, ao mesmo tempo, o mais alto teor de absorção. A melhor absorção dos minerais orgânicos é devido a menor possibilidade de interações durante a digestão. Isto ocorre porque os minerais orgânicos são quimicamente inertes. Além disso, a presença de metal na sua estrutura torna-o resistente à ação das peptidases, que poderiam quebrar as ligações internas dos peptídeos, destruindo os quelatos. Gorduras ou fibras não influenciam a absorção do quelato, devido à estabilidade do composto mineral (Santos, 1998).

O mecanismo de absorção dos minerais orgânicos é semelhante aos das proteínas. A diferença é que os minerais orgânicos, devido à sua estrutura, são freqüentemente menos hidrolisados no interior das células do epitélio intestinal, sendo transportados intactos pelo sangue até o sítio de atuação onde, acredita-se, ocorra separação do íon metálico. Existe ainda a possibilidade de que, em alguns casos, dependendo do tipo de molécula, ele como um todo seja metabolicamente aproveitado (Santos, 1998).

Biodisponibilidade pode ser definida como a fração do mineral que realmente é absorvida e utilizada pelo animal. A biodisponibilidade dos minerais orgânicos não é igual, variando de acordo com o ligante, constante de estabilização, peso molecular, etc. (Santos, 1998).

Segundo Kratzer & Vohra (1986) os minerais orgânicos apresentam absorção superior aos inorgânicos, pois geralmente utilizam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, o que faz com que não tenham problemas de interações com outros minerais. Para Clydesdale (1998) o ligante forma um composto solúvel com o mineral sendo, com isso, melhor absorvido pela mucosa intestinal.

O ligante pode formar um complexo estável no trato intestinal, evitando que o mineral forme complexos insolúveis o que dificultaria a sua absorção. No caso dos aminoácidos quelatados, o elemento mineral metálico na molécula é quimicamente inerte devido à forma de ligação. Esta ligação é estável, não sofrendo dissociação das moléculas quando atingem o estômago (Spears, 1996).

No jejuno o aminoácido do mineral quelatado age como agente transportador, permitindo a passagem do mineral através da parede intestinal para a corrente sanguínea. A separação do aminoácido quelante ocorre no local onde o elemento mineral metálico será utilizado (Ashmead, 1992).

Existem muitos fatores que influenciam a biodisponibilidade dos minerais, especialmente dos minerais traço, 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.

A quantidade de antagonistas presentes na dieta interfere na biodisponibilidade, e na ausência de antagonistas, o diferencial de resposta entre os quelatos e as formas inorgânicas é pequeno. Em geral, a biodisponibilidade dos minerais na forma orgânica é dependente de três condições básicas na estrutura do composto, que são a forma de ligação com o metal, o peso molecular e a constante de estabilidade do quelato. Além disso, a biodisponibilidade dos minerais também varia de acordo com o tipo de fonte mineral (Santos, 1998).

Poucos estudos, porém, foram conduzidos para determinar a biodisponibilidade de fontes orgânicas para aves. Spears et al. (1992), compararam fontes de Ferro-Metionina com fontes inorgânicas e concluíram, por meio da concentração de hemoglobina, que a biodisponibilidade do ferro orgânico foi de 180 % em relação às formas inorgânicas consideradas como 100 %.

Aumento na biodisponibilidade do cobre em fontes orgânicas, quando comparadas às fontes inorgânicas, foi observado por Baker et al. (1991) por meio de comparações da quantidade de cobre acumulado no fígado. Ammerman et al. (1998) alimentaram galinhas poedeiras durante duas semanas com formas orgânicas e inorgânicas de cobre avaliando a biodisponibilidade através da deposição no fígado, e concluíram que a forma orgânica Cobre-Lisina foi melhor disponibilizada que a forma inorgânica sulfato de cobre.

Aoyagi & Baker (1993) demonstraram melhor biodisponibilidade do cobre orgânico, principalmente porque o quelato protege o mineral contra interações com outras substâncias, como a L-cisteína e glutatona reduzida que são capazes de reduzir a sua absorção no intestino. Os autores ainda verificaram que a biodisponibilidade aparente do quelato de zinco foi de 106 %, quando comparada à forma inorgânica do micromineral (100 %).

Entretanto, Pimentel et al. (1991) não observaram diferença na biodisponibilidade de zinco, comparando o Zinco-Metionina e a fonte inorgânica de zinco. O zinco na

forma orgânica está protegido do ácido clorídrico, passando para o duodeno onde é eficientemente absorvido pelas células da mucosa, as quais são carregadas negativamente.

O selênio, na forma orgânica de Se-Metionina, é absorvido pelo trato digestivo através de mecanismo ativo, semelhante ao da absorção de Metionina, enquanto na forma inorgânica e como Se-Cys o selênio não é ativamente transportado (Leeson & Summers, 2001).

Branton et al. (1995) estudaram os efeitos de diferentes níveis de cloreto e do consumo de minerais orgânicos e inorgânicos na produção de ovos e qualidade da casca em poedeiras comerciais. Durante este estudo os autores observaram mortalidade significativamente mais alta, atribuída à síndrome hemorrágica do fígado gorduroso (FLHS), que se restringiu às aves que consumiram dietas contendo minerais orgânicos, não ocorrendo o mesmo nas aves alimentadas com minerais inorgânicos.

Schugel (1996) resumiu 13 estudos separados que concluíram que o uso de Zn-Met e Mn-Met, incorporados às formulações padrões de ZnSO₄ e MnSO₄, aumentaram o desempenho de frangos, reduzindo a mortalidade, aumentando a proporção de carne de peito e reduzindo as lesões de pele e intestinos. Foi sugerido que o modo de ação foi o aumento do status mineral das aves devido à maior disponibilidade dos complexos minerais.

Outro importante aspecto referente ao uso de minerais orgânicos é o de que estes podem reduzir a poluição ambiental. Segundo Paik (2001), o uso de 62,5 ppm de cobre na forma de complexo de polissacarídeos, possui o mesmo efeito de uma suplementação de 200 ppm de sulfato de cobre em rações de aves e suínos. Atualmente, a preocupação com o ambiente é grande e com a utilização de minerais orgânicos na ração, devido a sua maior biodisponibilidade e possibilidade de redução do nível de inclusão dos minerais na dieta, objetiva-se diminuir a quantidade de mineral excretado, minimizando o impacto ambiental dos dejetos (Albuquerque, 2004).

Comparando a biodisponibilidade do quelato ao óxido de manganês em dieta composta por milho e farelo de soja, Fly et al. (1989) verificaram que a forma orgânica apresentou biodisponibilidade de 147 % comparada à da inorgânica (100 %). Avaliando a biodisponibilidade de várias fontes de manganês em aves com e sem estresse por altas temperaturas, Smith et al. (1995) observaram que a biodisponibilidade de manganês

proteinado foi de 125 % sob temperatura de conforto e de 145 % sob estresse por alta temperatura, concluindo que o quelato pode melhorar a disponibilidade dos minerais quando as aves são submetidas a altas temperaturas ambientais.

Minerais orgânicos na alimentação de poedeiras

O metabolismo do selênio em aves tem sido muito estudado nos últimos 30 anos, mas ainda não está claro se o selênio é incorporado na casca e/ou gema do ovo e se esta incorporação é dependente do fornecimento do mineral na dieta. Segundo Franco & Sakamoto (2005) a suplementação de selênio nas rações de poedeiras permite aumentar a concentração deste mineral nos ovos, o que favorece maior ingestão de selênio pelos consumidores deste produto. Além disso, o incremento dos níveis de selênio nos ovos possibilita a manutenção de sua qualidade interna durante os períodos de estocagem (Franco & Sakamoto, 2005). Correia et al. (2000) avaliaram a suplementação de selênio orgânico na alimentação de poedeiras e não observaram diferenças significativas para unidades Haugh, percentagens de gema e albúmen e altura do albúmen.

Benites et al. (2005) relataram que existe a possibilidade do enriquecimento da gema com ferro. Bertechini et al. (2000) verificaram aumento linear ($p < 0,05$) no conteúdo de ferro da gema quando houve suplementação da dieta a base de milho e farelo de soja até 80 ppm de ferro (sulfato ferroso). Paik (2001) observou incremento na quantidade de ferro na gema do ovo de aves que receberam complexo de Fe-Metionina quando comparadas com as que receberam ferro na forma inorgânica. Skrivan et al. (2005) utilizaram suplemento mineral inorgânico com zinco, ferro e cobre isolados e/ou associados na dieta de poedeiras e observaram que a suplementação da dieta basal com ferro aumentou 6,3 % a concentração de ferro na gema. Os autores observaram que houve antagonismo entre zinco e cobre, sendo que a deposição de zinco na gema foi significativamente menor com o aumento de cobre e vice-versa. O enriquecimento dos ovos com os outros elementos foi marginal (cobre) ou ausente (zinco).

Estudos recentes desenvolvidos na Universidade Federal de Pelotas demonstraram que poedeiras Isa Brown, no primeiro ciclo de produção, suplementadas com selênio orgânico (principalmente selenometionina) tenderam a apresentar melhora na produção de ovos, conversão alimentar, peso de gema e clara, aumento consistente na qualidade da clara (avaliada através de unidades Haugh) e melhora significativa na coloração da

gema, indicando o efeito positivo na absorção e/ou proteção de substâncias lipossolúveis pelo selênio orgânico. Já no segundo ciclo de produção, as galinhas poedeiras Isa Brown suplementadas com minerais orgânicos (selênio, zinco e manganês) tiveram tendência para melhores pesos de gema, clara e casca (Rutz et al., 2006).

Xavier et al. (2004) observaram melhorias nos índices de desempenho de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção, e concluíram que existem benefícios na inclusão de selênio, zinco e manganês sob a forma de complexo orgânico nesta fase. Albuquerque (2004) e Sechinato (2003) avaliaram o efeito da suplementação dietética de fontes orgânicas de zinco, cobre, manganês, selênio, ferro e iodo, concluindo que a suplementação desses microminerais, na forma isolada ou combinada, não afetaram o desempenho de poedeiras no primeiro ciclo produtivo. Testando aves em segundo ciclo de produção, Scatolini (2007) também não observou influência da suplementação de manganês, zinco, selênio, cobre e ferro, comparando formas inorgânicas e orgânicas de cada mineral testados individualmente e/ou associados, sobre o peso dos ovos, percentagem de postura e consumo de ração.

A adição de Zinco-Metionina à dieta, comparada com óxido de zinco para galinhas de postura provoca uma redução nos problemas da casca dos ovos e aumento da resistência à quebra e da atividade na anidrase carbônica, que é a principal enzima responsável pela síntese do carbonato de cálcio da casca dos ovos. Klecker et al. (1997) e Lundeen (2001) demonstraram melhora da qualidade da casca com dietas suplementadas com manganês e zinco quelatados, comparadas com dietas suplementadas com a forma inorgânica. Entretanto, esses achados discordam dos observados por Dale & Strong (1998), os quais obtiveram melhora significativa nos parâmetros de qualidade de ovo.

Xavier et al. (2004) observaram melhora na qualidade dos ovos de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção e concluíram que existem benefícios na inclusão de selênio, zinco e manganês sob a forma de complexo orgânico nesta fase. Paik (2001) avaliou fontes de zinco, cobre e manganês orgânico em poedeiras e observou que a gravidade específica e percentagem de casca foram maiores nos tratamentos que receberam minerais orgânicos e que a associação de zinco e manganês orgânico

melhorou a resistência da casca. Segundo o autor, houve influência do zinco na síntese da enzima anidrase carbônica que é essencial para a formação da casca do ovo.

Kleckner et al. (1997) obtiveram maior resistência à quebra de ovos provenientes de galinhas que receberam proteinatos de zinco e manganês em substituição a 20 e 40 % das formas inorgânicas presentes nas dietas testadas. Lundeen (2001) observou melhora da qualidade de casca de ovos de poedeiras quando suplementadas com manganês e zinco quelatados no período da 20^a a 60^a semana de idade.

Mabe et al. (2003) suplementaram dieta a base de milho e farelo de soja com minerais (zinco, manganês e cobre) na forma inorgânica e orgânica e observaram que, independente da fonte, a suplementação de 60, 60 e 10 mg/kg de zinco, manganês e cobre, respectivamente, comparada com o tratamento sem suplementação, aumentou a concentração de manganês e zinco na gema do ovo, não havendo diferença na concentração de cobre.

Scatolini (2007) avaliou suplemento mineral dietético composto por manganês, zinco, selênio, ferro e cobre nas formas inorgânica e orgânica, e manganês, zinco e selênio testados individualmente e/ou associados entre si, em ovos armazenados por 14 dias em temperatura ambiente e observou efeito dos minerais orgânicos, na média do período experimental, sobre a manutenção do peso de ovos, sendo que ovos do tratamento com associação de manganês/zinco orgânicos perderam menos peso que ovos do tratamento com zinco/selênio orgânicos, não diferindo dos demais. Em relação as unidades Haugh, o tratamento com manganês orgânico expressou o pior resultado, diferindo apenas do tratamento que continha a associação de manganês/selênio orgânicos. Não foi observada diferença entre tratamentos para índice gema.

Os ossos, como todas as outras estruturas celulares, passam por constantes alterações. Eles usam cálcio e outros minerais e ao mesmo tempo absorvem parte dos elementos dos ossos antigos, mais ou menos na mesma proporção, processo esse chamado de remodelagem óssea, ou seja, enquanto os osteoclastos degradam e removem a matéria antiga, os osteoblastos produzem osso novo (Simões, 2005). Wedekind et al. (1992), estudando a biodisponibilidade de diversas fontes de zinco, observaram melhora na deposição óssea desse mineral nas aves que haviam recebido Zinco-Metionina, concluindo que a biodisponibilidade é maior para a forma orgânica do que para a forma inorgânica do mineral. Com base na deposição óssea, Baker & Halpin (1987) não

observaram diferença na biodisponibilidade de fontes quelatadas e inorgânicas de manganês. Entretanto, Henry et al. (1992) observaram que a biodisponibilidade da fonte orgânica de manganês foi significativamente maior do que as fontes inorgânicas (óxido e sulfato de manganês). Brito et al. (2006) avaliaram tíbias de poedeiras com 12 semanas de idade e observaram efeito significativo entre os níveis de microminerais orgânicos para teor de cinzas nos ossos, que diminuiu com a redução nos níveis de suplementação. Entretanto, os autores não observaram diferenças entre o tratamento com minerais inorgânicos e os demais tratamentos com minerais orgânicos.

O presente estudo foi delineado para avaliar os efeitos de fontes e níveis de microminerais (selênio, zinco, manganês, ferro, iodo e cobre) sobre a produção, resistência óssea, qualidade e tempo de prateleira de ovos de poedeiras comerciais em segundo ciclo de produção, descritos nos capítulos 2, 3 e 4 da presente tese.

O Capítulo 2, denominado **EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE MICROMINERAIS SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO** apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista **Brazilian Journal of Poultry Science**, e teve como objetivo avaliar o desempenho e qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas da linhagem Hy-Line Brown no segundo ciclo de produção submetidas às dietas com fontes e níveis de microminerais.

O Capítulo 3, denominado **EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS SOBRE A QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO** apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista **Brazilian Journal of Poultry Science**, e teve como objetivo avaliar o teor de proteína, concentração de minerais na gema e a qualidade interna e externa do ovo de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com microminerais na forma inorgânica e orgânica em diferentes níveis.

O Capítulo 4, denominado **EFEITO DA TEMPERATURA E TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A QUALIDADE DOS OVOS DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO SUBMETIDAS A DIETAS COM NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS** apresenta-se de acordo com as normas para publicação na revista **Brazilian Journal of Poultry Science**, e teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação dietética de microminerais na forma

inorgânica e diferentes níveis na forma orgânica em poedeiras semi-pesadas da linhagem Hy-Line Brown no segundo ciclo de produção sobre a qualidade dos ovos armazenados por diferentes períodos e temperaturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, A. G. et al. Effect of removing trace minerals from the diet of hens laying eggs with heavy or light shell weight. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, p. 295–301, 1994.

ALBUQUERQUE, R. **Produção e qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras recebendo microminerais orgânicos em sua dieta**. 2004. Tese (Livre-Docência). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2004.

AMERICAN ASSOCIATION FEED CONTROL OFFICIALS. Atlanta, 1997. 266p.

AMMERMAN, C. B.; HENRY, P. R.; MILES, R. D. Supplemental organically bound mineral compounds in livestock nutrition. In: GAMSWORTHY, P. C.; WISEMAN, J. (Eds.) **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: University Press; 1998. p. 67-91.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H. Nutritional evaluation of a cooper-methionine complex for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, p. 2309-2315, 1993.

ASHMEAD, H.D. Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metal salts. In: _____. (Ed.) **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. Park Ridge: Noyes, 1992. p. 47-75.

BAKER, D. H.; HALPIN, K. M. Research note: Efficacy of a manganese-protein chelate compared with that of manganese sulfate for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, p.1561–1563, 1987.

BAKER, D. H. et al. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, p.177-179, 1991.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. Aves e Ovos. In: SOUZA-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. (Eds.). **Características e aspectos nutricionais dos ovos**. Pelotas: UFPEL, 2005. p. 57-64.

BERTECHINI, A. G. et al. Iron supplementation for commercial laying hens in second cycle of production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 2, p. 267-272, 2000.

BERTECHINI, A. G. Mitos e verdades sobre o ovo e consumo. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2003, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2003. p.19-26.

BONDI, A. A. **Animal nutrition**. New York (NY): Wiley, 1987. 540 p.

BRANTON, S. L. et al. Fatty liver-hemorrhagic syndrome observed in commercial layers fed diets containing chelated minerals. **Avian Diseases**, United States, v. 39, p. 631-635, 1995.

BRITO, J. A. G. et al. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, p. 1342-1348, 2006.

CAO, J. et al. Effect of dietary iron concentration, age and length of iron feeding on feed intake and tissue iron concentration of broiler chicks for use as a bioassay supplemental iron sources. **Poultry Science**, Champaign, v. 75, p. 495-504, 1996.

CAZES, R. L.; SOARES, A. Minerais orgânicos na nutrição de eqüinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE EQÜINOS, 1., 2004, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2004, p. 61-74.

CLYDESDALE, F. M. Mineral interactions in foods. In: BODWELL, C. E.; ERDMAN, J. W. Jr. **Nutrients Interactions**. New York: Marcel Dekker, 1998. p. 257-268.

COMBS, G. F. Jr.; COMBS, S. B. **The role of selenium in nutrition**. London: Academic, 1986. 180 p.

CORREIA, G. M. G. et al. Efeito do tempo de armazenamento sobre a qualidade de ovos de aves tratadas com selênio orgânico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, p. 1440-1445, 2000.

DALE, N.; STRONG JUNIOR, C. F. Inability to demonstrate an effect of eggshell 49 on shell quality in older layings hens. **The Journal of Applied Research**, Newtown, v. 7, p. 219-224, 1998.

DAVIS, R.H.; FEAR, J. Incorporation of selenium into egg proteins from dietary selenite. **British Poultry Science**, Harlow, v. 37, p. 197-211, 1996.

EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Zinc stores in chickens delay the onset of zinc deficiency symptoms. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, p. 1011-1021, 1995.

FERNANDES, I. C. Fisiologia e Patogênese Óssea. Disponível em: <<http://www.hurnp.uel.br/farmaco/materias/gregghi03.htm>>. Acesso em: 1 out. 2005.

FLY, A. D. et al. Manganese bioavailability in a Mn-methionine chelate. **Nutrition Research**, New York, v. 9, p. 901-910, 1989.

FRANCO, J. R. G.; SAKAMOTO, M. I. Qualidade de ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. **Ave World**, 2005; 3(16), 2005.

GARCIA, E. A. Muda forçada em poedeiras comerciais e codornas. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2004, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 2004. p. 45-62

GEORGIEVSKII, V.I. General Information on Minerals. In: GEORGIEVSKII, V.I.; ANNENKOV, B.N.; SAMOKHIN, V.T. (Ed.). **Mineral nutrition of animal**. London: Butterworths, 1982. p.11-56.

HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B.; LITTELL, R. C. Relative bioavailability of manganese from a manganese-methionine complex and inorganic sources for ruminants. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 75, p. 3473, 1992.

HERRICK, J.B. Mineral in animal health. In: ASHMEAD, H. D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: NOYES, 1993. p. 3-9.

KLECKER, D. et al. Influence of trace mineral proteinate supplementation on eggshell quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, p. 131, 1997. Supplement, 1.

KOELKEBECK, K. W. et al. Effect of duration of fasting on postmolt laying hen performance. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, p. 434-439, 1992.

KRATZER, F. H.; VOHRA, P. **Chetales in Nutrition**. Boca Raton: CRC, 1986. p. 5-33.

LEACH Jr., R. M.; GROSS, J. R. The effect of manganese deficiency upon the ultra structure of the eggshell. **Poultry Science**, Champaign, v. 62, p. 499-504, 1983.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chickens**. 4th ed. Guelph: University Books, 2001. 591 p.

LUDEEN, T. Mineral proteínates may have positive effect on shell quality. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 73, p. 10-15, 2001.

MABE, I. et al. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 1903–1913, 2003.

MAYNARD, L. A. **Nutrição Animal**. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. p. 260-335.

MAZZUCO, H. **Integridade Óssea em Poedeiras Comerciais: Influência de Dietas Enriquecidas com Ácidos Graxos Poliinsaturados e Tipo de Muda Induzida**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2006, 12 p. (Circular Técnica, 47). Disponível em www.cnpsa.embrapa.br/sgc_publicacoes/publicacao_e9u22hlt.pdf. Acesso em: 7 jul. 2007.

MELLOR, D. Historical background and fundamental concepts "of chelation". In: DWYER, F.; MELLOR, D. (Eds.). **Chelating agents and metal chelates**. New York: Academic Press, 1964. p.1.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9th ed. Washington, DC, 1994. 155 p.

NUNES, I. J. **Nutrição Animal Básica**. 2. ed. Belo Horizonte: FEP, MVZ, 1998. 378 p.

OLIVEIRA, J. R. et al. Níveis de cálcio em dietas para poedeiras leves e semi-pesadas no segundo ciclo de produção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 1060-1067, 2002.

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

PEREIRA, J. C. Nutrição e alimentação: parte específica sais minerais (macro e microelementos). **Boletim dos Criadouros Campo das Caviúnas**, n. 18, 10 p. 2005.

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

REDDY, A. B.; DWIVED, J. N.; ASHMEAD, A. D. Mineral chelation generates profit. **World Poultry**, England, v. 8, p.13-15, 1992.

- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.
- RUTZ, F., LIMA, G. J. M. M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, 1994. p. 73-84.
- RUTZ, F., PAN, E. A., XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. Disponível em:
<http://www.aveworld.com.br/aveworld/publicacoes.asp?pais=brasil&codigo=43712>.
Acesso em: 6 jul. 2006.
- SA, L. M. et al. Exigência nutricional de cálcio para frangos de corte, nas fases de crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, p. 397-406, 2004.
- SANTOS, R. A. **Minerais quelatados na nutrição Animal**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 28 p. Apostila.
- SCATOLINI, A.M. **Mn, Zn e Se associados a moléculas orgânicas na alimentação de galinhas poedeiras no segundo ciclo de produção**. 2007. 51f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Faculdade de Medicina Veterinária e Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.
- SCHUGEL, L. M. Summary of 13 broiler studies feeding zinc-methionine and manganese methionine. Eden Prairie: Zinpro Corporation, 1996. Internal Report.
- SCOTT, M. L.; NESHEIM, M. C.; YOUNG, R. G. **Nutrition of the chicken**. 3rd ed. Ithaca: ML Scott and Associates, 1982. 562 p.
- SECHINATO, A. S. **Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)-Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

SILVA, S.; BARUSELLI, M. S. Oitavo mandamento: Reconhecer que os micro-minerais na forma de quelatos são mais eficientes. In: _____. **Os dez mandamentos da suplementação mineral**. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 79-87.

SIMÕES, A. F. **Influência da atividade física no tratamento da osteoporose**. Disponível em: <<http://www.cdof.com.br/fisio5.htm>>. Acesso em: 7 dez. 2005.

SKRIVAN, M.; SKRIVANOVA, V.; MAROUNEK, M. Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, p.1570–1575, 2005.

SMITH, M. O. et al. Relative biological availability of manganese from manganese proteinate, manganese sulfate and manganese monoxide in broilers reared at elevated temperatures. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, p. 702-707, 1995.

SPEARS, J. W. Optimizing mineral levels and sources for farm animals. In: KOMEYAY, E. T. (Ed.). **Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment**. Boca Raton: CRC Press, Lewis, 1996, p. 259-275.

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

TORRES, A. P. **Alimentação das Aves**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1969. 259 p.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. 3rd. ed. Wallingford: CABI, 1999. 614 p.

_____. **The mineral nutrition of livestock**. 2nd. ed. London: Cammon Wealth Agricultural Bureaux, 1981. 180 p.

VICENZI, E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo: aspectos nutricionais. In: SIMPÓSIO TÉCNICO DE PRODUÇÃO DE OVOS, 6, 1996, São Paulo. **Anais...** São Paulo: APA, 1996. p. 77-91.

WEDEKIND, K. J.; HORTIN, A. E.; BAKER, D. H. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimative for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxidase. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, p. 178-187, 1992.

XAVIER, G. B. et al. Performance of layers fed diets containing organic selenium, zinc and manganese, during a second cycle of production. In: ANNUAL SYMPOSIUM ON BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY, 20., 2004, Lexington. **Proceedings...** Lexington: 2004. p. 19.

CAPÍTULO 2

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DIETÉTICA DE MICROMINERAIS
SOBRE O DESEMPENHO E AS CARACTERÍSTICAS ÓSSEAS DE
POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO**

RESUMO

O estudo teve como objetivo avaliar o desempenho e a qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo produtivo alimentadas com fontes e níveis de microminerais. Para isto, 360 poedeiras com 72 semanas de idade foram submetidas a muda forçada pelo método convencional. Após o retorno à produção de ovos (83 semanas de idade), as aves foram selecionadas e alojadas de acordo com um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições de 10 aves cada uma. O tratamento controle foi constituído de suplementação à dieta de 0,10 % de uma fonte de microminerais inorgânicos, a qual foi substituída proporcionalmente por cinco níveis (110, 100, 90, 80 e 70%) de um complexo de microminerais com 30; 30; 40; 6; 0,61 e 0,3 g/kg do produto de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se, respectivamente. Todas as dietas eram isoprotéicas, isoenergéticas e isoaminoacídicas. Os resultados de desempenho (peso corporal, % de produção de ovos, massa de ovos, consumo de ração e conversão alimentar), incidência de mortalidade e as características ósseas (resistência à quebra, % de cinzas, % de Ca e % de P das tíbias) foram avaliados por ANOVA e teste de Tukey a 5% de significância. Não foi observado nenhum efeito dos tratamentos sobre o desempenho, mortalidade ou características ósseas das poedeiras. Os resultados obtidos sugerem que o nível de 70% de microminerais orgânicos pode substituir 100% de microminerais inorgânicos suplementado na dieta de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo produtivo sem alterar a produtividade e características ósseas.

Palavras-chaves: características ósseas, desempenho, produção de ovos, suplemento mineral.

EFFECTS OF MICROMINERAL SUPPLEMENTATION OF DIET ON POST-INDUCED MOLTING PERFORMANCE AND BONE CHARACTERISTICS OF SEMI-HEAVY LAYING HENS

ABSTRACT

The study aimed to evaluate post-induced molting performance and bone mineralization of semi-heavy laying hens submitted to diets with different sources and levels of microminerals. 360 layers aged 72-w-old were subjected to conventional induced molting. After returning to production (83-w-old), the layers were selected and allotted in a completely randomized design of six treatments and six replicates of ten birds each one. Control treatment consisted of 0.10% inclusion of inorganic micromineral (IM) premix (100% of IM) to diet (control treatment), which was proportionally replaced with five levels (110, 100, 90, 80 and 70%) of organic micromineral complex (OM) composed of 30; 30; 40; 6; 0.61; and 0.3 g/kg of Zn, Fe, Mn, Cu, I, and Se, respectively. All diets were isoproteic, isoenergetic and isoaminoacidic. Layer performance (body weight, % production and mass of eggs, feed intake, and feed conversion), % mortality, and bone characteristics (breaking strength, % ash, % Ca, and % P of tibiae) results were tested by ANOVA and Tukey's test at 5% of significance. No effect of any treatment upon performance, mortality and bone characteristics of the semi-heavy layers were here observed. Results indicate that the lowest level of OM supplementation (70% of IM level) can replace 100% of IM in the diet of semi-heavy laying hens in the second cycle of egg production without any negative effect upon productive and bone characteristics.

Key words: bone characteristics, eggs production, mineral supplement, performance.

Introdução

A muda forçada é uma prática adotada por granjas comerciais para utilização do mesmo lote de aves em um segundo ciclo de postura por diminuir os custos de reposição dos lotes, uma vez que o custo de amortização da poedeira que sofreu muda fica abaixo do da franga de reposição. A grande vantagem dessa técnica de manejo é o rápido retorno econômico. Em quatro ou cinco semanas, aves submetidas a muda forçada retomam a produção, apresentando maior taxa de postura e melhor qualidade da casca do ovo em relação ao final do primeiro ciclo de produção, por um período de treze a dezesseis semanas (Garcia, 2004).

Entretanto, apesar de ser uma técnica muito utilizada, informações sobre os níveis nutricionais recomendados para as aves durante o segundo ciclo de produção são escassas. Em geral, para o período pós-muda são utilizadas as exigências nutricionais das aves no final do primeiro ciclo de postura, com pequena redução nos níveis dos nutrientes. Para as condições brasileiras Rostagno *et al.* (2000) recomendam níveis de suplementação dos microminerais Mn, Zn, Fe, Cu, I e Se de 70; 60; 50; 8,5; 1,0 e 0,25 ppm, respectivamente, independentemente da categoria de aves de exploração industrial (frangos de corte, poedeiras em primeiro ou segundo ciclo, comerciais ou matrizes).

Para uma boa nutrição é essencial fornecer à ave dieta balanceada que atenda às suas exigências nutricionais, em quantidade e qualidade. Os minerais são importantes na manutenção da produtividade por participarem de processos bioquímicos essenciais, como na formação da casca do ovo (Sechinato, 2003; Albuquerque, 2004) e na manutenção do osso medular (Brito *et al.*, 2006).

Os minerais são classificados em macro ou micro minerais de acordo com as necessidades no organismo – superiores ou inferiores a 70 mg/kg de peso vivo do animal, respectivamente (Bondi, 1987).

Os microminerais Fe, I e Se participam nas reações de síntese de inúmeros compostos do organismo animal, como a hemoglobina e os hormônios tireoideanos, e manutenção da integridade das membranas biológicas (Mcdowell, 1992).

Por outro lado, os microminerais Zn, Mn e Cu estão diretamente associados ao crescimento e ao desenvolvimento do tecido ósseo (Underwood, 1999). O Zn participa, sob a forma de carbonato, na fixação do Ca nos ossos e ovos, e na ativação de sistemas enzimáticos, entre outras funções orgânicas (Torres, 1969). Os tecidos muscular e ósseo

são os principais tecidos de reserva de Zn e possuem capacidade de liberar possíveis excedentes em condições de deficiência na dieta (Underwood, 1999). O Mn age como ativador metálico das enzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas, que contribuem na formação da matriz orgânica dos ossos e da casca dos ovos (Georgievskii, 1982). O Cu desempenha papel importante na formação óssea como ativador da lisil oxidase, enzima que participa da biossíntese de colágeno (Scott *et al.*, 1982).

O Ca é um macromineral essencial para a manutenção da qualidade da casca do ovo, sendo o mineral encontrado em maior quantidade na casca, que é formada por 95 % de carbonato de cálcio (Miles, 1993). Juntamente com o P, o Ca também é essencial para a manutenção do tecido ósseo das poedeiras. A rigidez do tecido ósseo é resultante da deposição de Ca e P na forma de hidroxiapatita durante o processo de mineralização óssea. Esses dois minerais perfazem cerca de 70 % da composição óssea; os 30 % restantes são constituídos de matéria orgânica, principalmente colágeno (Kålebo & Strid, 1988; Field, 1999; Bruno, 2002).

O osso medular funciona como reserva lábil de Ca, que pode ser utilizado quando há carência de Ca dietético para a formação da casca do ovo (Ito, 1998). Com o avançar da idade, a resistência dos ossos diminui em resposta à grande demanda de Ca para a formação do ovo. Como consequência da perda gradual da massa óssea, o esqueleto das aves torna-se fragilizado e com grande susceptibilidade a fraturas, principalmente no final do período de produção (Mazzuco & Hester, 2005).

Os macro e micro minerais sempre foram suplementados nas dietas de aves a partir de fontes inorgânicas (óxidos, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos). O que tem sido observado na prática é o uso excessivo de minerais como Zn, Cu, Fe e Mn com o objetivo de evitar deficiências (Bertechini, 2003) causadas por possíveis interações entre esses minerais e outras substâncias da dieta, indisponibilizando-os no sistema digestório das aves (Mabe *et al.*, 2003).

Atualmente, especial atenção tem sido dada à suplementação em dietas de poedeiras com fontes de minerais orgânicos ou quelatados. São denominados quelatos os compostos formados por íons metálicos seqüestrados por substâncias orgânicas como aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, estabilidade e solubilidade (Vieira, 2004).

Os minerais orgânicos podem ser absorvidos por vias de captação de peptídeos ou aminoácidos, além das vias normais de captação de íons no intestino delgado, o que evita a competição entre minerais pelo mesmo transportador, tornando-os mais biodisponíveis e prontamente transportáveis, maximizando por consequência, a absorção intestinal dos mesmos (Close, 1998). Partindo-se do pressuposto que os minerais orgânicos podem ser mais biodisponíveis (Reddy *et al.*, 1992), suas fontes orgânicas podem ser incluídas na dieta em menores quantidades. Como resultado, a produtividade da ave é mantida, evitando-se a excreção excessiva de microminerais potencialmente poluidores do meio ambiente (Brito *et al.*, 2006).

Alguns estudos conduzidos para determinar a biodisponibilidade de fontes orgânicas para aves demonstraram que as formas orgânicas testadas foram melhores disponibilizadas que as inorgânicas (Ammerman *et al.*, 1998; Aoyagi & Baker 1993; Spears *et al.*, 1992; Baker *et al.*, 1991).

Atualmente, poucos são os estudos sobre suplementação dietética de minerais orgânicos e inorgânicos, principalmente para poedeiras no segundo ciclo de produção. Partindo-se dessa premissa, objetivou-se avaliar o desempenho e qualidade óssea pós-muda forçada de poedeiras semi-pesadas da linhagem Hy-Line Brown submetidas a dietas com fontes e níveis de microminerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Brotas da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo, e teve duração de 112 dias (4 ciclos de 28 dias). Foram utilizadas 360 poedeiras da linhagem semi-pesada HyLine Brown com 72 semanas de idade ao final do primeiro ciclo de produção. As aves foram submetidas a muda forçada por método convencional, com 14 dias de jejum e posterior alimentação com milho moído até os 28 dias, após o que passaram a receber ração normal para produção de ovos. Com 83 semanas de idade, após o retorno a produção, as aves foram submetidas aos tratamentos experimentais.

As aves foram alojadas em aviário de produção contendo duas fileiras duplas e sobrepostas de gaiolas, com corredor central. As gaiolas de arame galvanizado tinham dimensões de 1,00 m de comprimento x 45 cm de profundidade e 40 cm de altura. Cada

gaiola apresentava dois compartimentos internos, cada um com capacidade para cinco aves, permitindo a acomodação de dez aves por gaiola.

Foram utilizados bebedouros do tipo “nipple” e comedouros de madeira, dispostos na extensão frontal das gaiolas, para cada unidade experimental. A ração foi fornecida à vontade, distribuída de manhã e à tarde. O programa de luz adotado foi o de 17 horas de luz diárias. A temperatura ambiente foi registrada diariamente por meio de termômetro de máxima e mínima, localizado no centro do galpão.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado constituído de seis tratamentos com seis repetições de dez aves por parcela. Os tratamentos experimentais consistiram da inclusão na ração de 100 % de suplemento mineral inorgânico e níveis de 110, 100, 90, 80 e 70 % de suplemento mineral orgânico, ambos formulados com Zn, Mn, Cu, Fe, Se e I. Na dieta experimental do tratamento com 100 % de minerais inorgânicos foram adicionados 0,10 % de suplemento mineral. Para equivaler a concentração mineral contida em 0,10 % de inclusão do suplemento mineral inorgânico, foram adicionados 0,18 % de suplemento mineral orgânico na ração, referente ao tratamento com 100 % de minerais orgânicos e, a partir desse valor, calculados os demais níveis que corresponderam a 0,198; 0,162; 0,144 e 0,126 % de inclusão (níveis de 110, 90, 80 e 70 %, respectivamente).

Os suplementos minerais foram formulados de acordo com as recomendações da empresa comercial Tortuga® com níveis de garantia para atender as recomendações nutricionais de poedeiras em fase final de postura. O suplemento mineral inorgânico foi composto por 54, 54, 72, 10, 0,61 e 0,30 g/kg do produto de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se, respectivamente, enquanto a composição do suplemento mineral orgânico foi de 30, 30, 40, 6, 0,61 e 0,3 g/kg do produto.

A formulação das rações experimentais (Tabela 1), à base de milho e farelo de soja, foram adaptadas de Rostagno *et al.* (2000), diferindo entre si apenas em relação aos níveis de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com diferentes fontes e níveis de microminerais.

Ingredientes (%)	Nível Suplementar de MO (%) ¹					
	100 MI	110	100	90	80	70
Milho moído	65,41	65,32	65,33	65,35	65,37	65,39
Farelo de soja 45%	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24
Farelo de trigo	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66
Fosfato bicálcico	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
Óleo de soja degomado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário calcítico	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73
Supl. mineral	0,100*	0,198**	0,180**	0,162**	0,144**	0,126**
Supl. vitaminico(***)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal (NaCl)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
D-L metionina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada						
EM (kcal/kg de ração)	2790	2790	2790	2790	2790	2790
Proteína bruta (%)	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
Cálcio (%)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Metionina (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Metionina+cistina (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Lisina (%)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

*Suplemento mineral inorgânico, g/kg do produto: zinco 54g, ferro, 54g, manganês 72g, cobre 10g, iodo 0,61g, selênio 0,30g

**Suplemento mineral orgânico, g/kg do produto: zinco 30g, ferro, 30g, manganês 40g, cobre 6g, iodo 0,61g, selênio 0,30g

***Suplemento vitamínico, composição por kg do produto: Vit A 7.520.000 UI, Vit. D3 1.816.000 UI, Vit. E 8400 mg, Vit. K3 1.280 mg, Vit. B1 1.340 mg, Vit. B2 3.000 mg, Vit. B6 1.660 mg, Vit B12 8.000 mg, Ac. nicotínico 20.000 mg, Pantotenato de cálcio 8.000 mg, Ácido fólico 300 mg, Biotina 40 mg

Em relação ao desempenho, as características avaliadas foram o peso médio dos ovos (g), produção de ovos (% ovos/ave/dia), massa de ovos (g/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar por massa de ovos (kg ração/kg ovos) e conversão

alimentar por dúzia de ovos (kg ração/dz ovos). A mortalidade foi registrada diariamente. Antes da análise de variância os dados de mortalidade foram transformados em $(x+0,5)^{1/2}$, onde x é a percentagem de mortalidade (Stell & Torrie, 1980).

Os dados de consumo de ração e conversão alimentar (kg de ração/dúzia de ovos e kg de ração/kg de ovos) foram avaliados semanalmente. Para o cálculo de percentual de postura, os ovos foram coletados diariamente e anotados em planilhas para cada repetição e, ao final do período experimental, calculou-se a produção total de ovos e a percentagem de postura de cada unidade experimental. Ao final das 99 semanas de idade, uma ave por parcela (seis aves por tratamento) foi abatida para retirada da tíbia para análises posteriores. A qualidade óssea foi avaliada através do teste de resistência óssea a quebra e determinações dos percentuais de cinzas, cálcio e fósforo na tíbia.

O teste de resistência óssea foi realizado por meio de uma célula específica acoplada ao equipamento Texture Analyser TA.XT plus com sonda Cyl Stainless 2 mm código P/2, com velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 2, 1 e 4 mm/segundo, respectivamente, e distância de 15 mm, com registro da força necessária utilizada para romper o osso. O aparelho teve o vão livre da diáfise regulado em função do menor osso encontrado e esse valor foi fixado para os demais ossos do estudo, sendo a ruptura realizada na parte central da tíbia. Somente com a fixação de um vão livre para a realização das avaliações de resistência pode-se comparar os valores (kgf) encontrados.

Para obtenção do teor de cinzas foram utilizadas as mesmas tíbias submetidas à análise de resistência óssea, as quais foram desengorduradas em éter etílico por 24 horas e em solução 0,1 N de hidróxido de sódio por mais 24 horas. As tíbias foram secas em estufa a 60 °C por 72 horas, quebradas, pesadas individualmente em balança analítica e levadas a mufla regulada para atingir 600 °C, por 12 horas. Após esse período, as amostras foram pesadas, obtendo-se o teor de cinzas ósseas, e as determinações das percentagens de Ca e P nas cinzas foram realizadas adaptadas das normas da AOAC (1990).

Os resultados foram comparados por análise de variância para dados balanceados complementados pelo teste de Tukey, utilizando o programa estatístico Sisvar, descrito por Ferreira (2000). O nível de significância considerado foi de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias das temperaturas máxima e mínima durante o período experimental foram de 28,6 °C e 17,7 °C, respectivamente.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios referentes ao desempenho de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas com diferentes fontes e níveis de suplemento mineral (Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se).

Tabela 2. Peso dos ovos (PO), produção de ovos (PR), massa de ovos (MO), consumo de ração (CR), conversão alimentar por massa (CA kg/kg), conversão alimentar por dúzia (CA kg/dz) e mortalidade (MORT) de poedeiras comerciais semi-pesadas no segundo ciclo de produção em função da inclusão de minerais inorgânicos (MI) e minerais orgânicos (MO) às dietas.

Características	MI (%)		MO (%)				CV(%)*
	100	110	100	90	80	70	
PO (g)	68,37	68,35	68,51	69,51	68,24	68,74	2,17
PR (%)	81,65	83,23	85,02	81,23	82,25	84,35	7,20
MO (g/ave/dia)	55,87	56,91	58,27	56,46	56,10	58,03	7,68
CR (g/ave/dia)	113,55	115,59	117,04	114,02	113,67	114,73	3,34
CA (kg/kg ovos)	2,05	2,05	2,02	2,05	2,04	1,99	5,68
CA (kg/dz ovos)	1,67	1,67	1,65	1,70	1,67	1,63	5,54
MORT (%)	10,09	3,24	0,0	4,99	4,17	6,25	109,39

*CV (%) = Coeficiente de Variação

MORT (%) = mortalidade = $(x + 0,5)^{1/2}$

Os resultados produtivos (% de produção de ovos, peso dos ovos, massa dos ovos, consumo alimentar, conversão alimentar por kg de ovos e por dúzia de ovos) e de mortalidade não diferiram significativamente entre os tratamentos.

Esses resultados sugerem que os níveis de microminerais estudados, inclusive aqueles obtidos de fontes orgânicas, podem ter sido superiores aos requeridos pelas aves para ótimo desempenho produtivo. Como a inclusão de minerais orgânicos foi calculada em função do nível de inclusão de minerais inorgânicos, as fontes orgânicas determinaram uma suplementação superior ao nível necessário. O resultado obtido com 70 % de suplementação de minerais orgânicos, estatisticamente similar aquele da

inclusão de 100 % de minerais inorgânicos e 110, 100, 90 e 80 % de minerais orgânicos, justifica o pressuposto. Bertechini (2003) relatou que os níveis de inclusão de microminerais nas dietas de poedeiras utilizados no mercado brasileiro são superiores aos requeridos pelas aves.

Resultados semelhantes foram obtidos por Scatolini (2007), Albuquerque (2004) e Sechinato (2003) que avaliaram o efeito da suplementação dietética de fontes orgânicas de microminerais utilizando tratamentos com todos os microminerais de fontes orgânica e inorgânica, e tratamentos com minerais orgânicos testados individualmente e/ou associados entre si, e verificaram que os tratamentos não exerceram qualquer influência ($p>0,05$) sobre o peso dos ovos, percentagem de postura e consumo de ração. Os autores concluíram que os microminerais de fontes orgânicas, testados isolados ou conjuntamente, não afetaram o desempenho das aves. Lundeen (2001) e Dale & Strong (1998) também não encontraram diferenças entre fontes de minerais orgânicos e inorgânicos para poedeiras.

Estudos demonstraram que a biodisponibilidade de microminerais de fontes orgânicas (Ammerman *et al.*, 1998; Aoyagi & Baker, 1993; Wedekind *et al.*, 1992; Baker *et al.*, 1991) é maior do que a obtida a partir de ingredientes inorgânicos, o que vai ao encontro de experimentos que apresentaram resultados produtivos favoráveis com o uso de minerais orgânicos (Rutz *et al.*, 2006; Xavier *et al.*, 2004). Assim, a não observância de melhores resultados significativos neste experimento para a produtividade das aves, em contraposição aos resultados favoráveis anteriormente observados (Rutz *et al.*, 2006; Xavier *et al.*, 2004), pode ser explicada não só pelo possível excesso de suplementação dos microminerais, mas também por diferenças nas fontes orgânicas e níveis utilizados.

Os minerais orgânicos possuem maior biodisponibilidade quando as aves se encontram estressadas (Smith *et al.*, 1995). Em condições de estresse devido ao baixo nível de cálcio na dieta (3 %), Kienholz (1992) observou melhores resultados de postura para aves quando suplementadas com Zn orgânico, o que não ocorreu neste experimento. Segundo Lundeen (2001), existe uma interação entre os minerais orgânicos e níveis de cálcio na dieta. O autor utilizou nível de 3,5 % de cálcio na dieta suplementada com minerais orgânicos e observou efeito positivo na produção de ovos quando comparou com o tratamento sem suplementação, mas com nível de 4 % de cálcio na dieta.

Considerando-se os resultados de desempenho e mortalidade obtidos no presente estudo, a inclusão de 70 % de microminerais orgânicos atendeu às exigências de Zn, Se, Cu, Fe, I e Mn de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção.

As características ósseas, representadas pela resistência óssea à quebra e percentagens de cinzas, cálcio e fósforo das tíbias de poedeiras em segundo ciclo de produção submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais, são descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados médios das características de qualidade óssea de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais.

Tratamentos	Resistência à Quebra	Cinzas	Fósforo	Cálcio
	(Kgf)	(%)		
100% MI ¹	14,57	51,09	15,52	18,45
110% MO ²	14,31	47,09	15,85	18,55
100% MO	14,24	48,08	15,52	19,23
90% MO	15,06	48,89	15,12	18,95
80% MO	14,46	50,13	15,63	18,92
70% MO	12,56	52,44	15,68	18,93
Média	14,20	49,62	15,55	18,84
CV (%)	16,80	6,14	4,28	4,37

¹ MI = microminerais de fonte inorgânica. ² MO = microminerais de fonte orgânica.

Não se observou efeito do tratamento ($p>0,05$) para a resistência óssea à quebra. Constatou-se que os níveis de minerais orgânicos utilizados no presente estudo tiveram adequada absorção e metabolização de cálcio e fósforo, uma vez que em condições de fornecimento adequado de cálcio na dieta, não há carência de cálcio para a formação da casca do ovo, portanto, não há necessidade da utilização do cálcio do osso medular. Desse modo, as aves podem apresentar deposição adequada de minerais nos ossos, que tornam-se mais densos e resistentes com o aumento da idade (Paz, 2006). Não havendo perda na soma total de minerais na estrutura óssea, não ocorre aumento na fragilidade e susceptibilidade a fraturas, principalmente da tíbia (Whitehead & Fleming, 2000).

As fontes e níveis de microminerais não influenciaram ($p>0,05$) o teor de cinzas ósseas na tíbia. Esse resultado discorda parcialmente de Brito *et al.* (2006), que avaliaram tíbias de poedeiras com 12 semanas de idade e observaram efeito significativo entre os níveis de microminerais orgânicos para teor de cinzas nos ossos, que diminuiu com a redução nos níveis de suplementação. Entretanto, os autores não observaram diferenças entre o tratamento com minerais inorgânicos e os demais tratamentos com minerais orgânicos.

A avaliação do conteúdo de cálcio e fósforo revelou que as fontes e/ou níveis de microminerais não interferiram ($p>0,05$) na composição da tíbia das aves. Mesmo quando utilizado o menor nível de microminerais orgânicos as aves conseguiram equilibrar o conteúdo de minerais na tíbia, não havendo aumento na atividade das células responsáveis pela reabsorção óssea (osteoclastos), portanto, não ocorrendo liberação de cálcio e fósforo dos ossos. Mazzuco (2006) relatou que as exigências da poedeira em fósforo estão intimamente associadas às exigências de cálcio e com a dinâmica do “turnover” ósseo.

A taxa de retenção de cálcio varia de acordo com a idade, ou seja, aves jovens retêm cerca de 60 %, enquanto as mais velhas retêm apenas 40 % do cálcio absorvido (Keshavarz & Nakajima, 1993). Entretanto, a muda forçada modifica a concentração da proteína ligante de cálcio, aumentando-a (Berry & Brake, 1991). Isso sugere que o cálcio dietético é mais bem aproveitado em aves que sofreram muda forçada quando comparado ao de aves no final do primeiro ciclo (pré-muda) (Al-Batshan *et al.*, 1994), o que explica os valores de cálcio e fósforo obtidos neste estudo.

Em resumo, o uso de suplementação de microminerais de fonte orgânica nos níveis de 70, 80, 90, 100 e 110 % de Zn, Se, Cu, I, Fe e Mn forneceu resultados semelhantes ao uso de 100 % desses microminerais de fonte inorgânica para desempenho produtivo e características ósseas de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção.

CONCLUSÃO

Nas condições de realização desta pesquisa conclui-se que o nível de 70% do suplemento mineral de fonte orgânica pode ser utilizado na dieta de poedeiras em segundo ciclo de produção sem que haja alterações em suas características produtivas e ósseas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-batshan HA, Scheideler SE, Black BL, Garlich JD, Anderson KE. Duodenal calcium uptake, femur ash, and eggshell quality decline with age and increase following molt. *Poultry Science* 1994; 73:1590-1596.

Albuquerque R. Produção e qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras recebendo microminerais orgânicos em sua dieta. [Tese Livre-Docência]. Pirassununga (SP): Universidade de São Paulo; 2004.

Ammerman CB, Baker DH, Lewis AJ. Supplemental organically bound mineral compounds. In: Garnsworthy PC, Wiseman J, editores. *Recent advances in animal nutrition*. Nottingham: University Press; 1998. p.156-178.

Aoyagi S, Baker DH. Nutritional evaluation of a copper-methionine complex for chicks. *Poultry Science* 1993; 72(12):2309-2315.

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. *Official Methods of analysis*. 15 ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 1990. n.1.

Baker DH, Odle J, Funk MA, Wieland TM. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. *Poultry Science* 1991; 70(1):177-179.

Berry WD, Brake J. Modulation of calbindin-D28k in avian egg shell gland and duodenum. *Poultry Science* 1991; 66:655-657. (abstract).

Bertechini AG. Mito e verdades sobre o ovo e consumo. In: *Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas*; 2003; Santos, São Paulo, Brasil. p.19-26.

Bondi AA. *Animal nutrition*. New York: Wiley; 1987.

Brito JAG, Bertechini AG, Fassani EJ, Rodrigues PB, Freitas RTF. Uso de microminerais sob a forma de complexo orgânico em rações para frangas de reposição no período de 7 a 12 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006; 35(4):1342-1348.

Bruno LDG. Desenvolvimento ósseo em frangos de corte: Influência da restrição alimentar e da temperatura ambiente.[Tese]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 2002.

Close W H. Biotechnology in the food industry: the role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: 14 Alltech's Annual Symposium; 1998; Nottingham, Nottinghamshire, UK. p. 376-469.

Dale N, Strong Jr. CF. Inability to demonstrate an effect of eggshell on shell quality in older laying hens. *The Journal of Applied Research* 1998; 7:219-224.

Ferreira DN. Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: Ufla/Dex/Sisvar; 2000.

Field RA. Ash and calcium as measures of bone in meat and bone moistures. *Meat Science* 1999; 55: 255-264.

Garcia EA. Muda forçada em poedeiras comerciais e codornas. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2004; Santos, São Paulo, Brasil. p.45-62.

Georgievskii VI. General Information on Minerals. In: Georgievskii VI, Annenkov BN, Samokhin VT, editores. *Mineral nutrition of Animal*. London: Butterworths, 1982. p.11-56.

Ito RI. Aspectos nutricionais relacionados à qualidade de casca de ovos. In: Simpósio Técnico de Ovos; 1998; São Paulo. Anais... São Paulo, São Paulo, Brasil. p.119-138.

Kälebo P, Strid KG. Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. *Acta Radiologica* 1988; 29(4):465-472.

Keshavarz K, Nakajima S. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poultry Science* 1993; 72(1):144-153.

Kienholz EW. Zinc methionine for stressed laying hens. *Poultry Science* 1992; 71:829-832.

Lundeen T. Mineral proteinates may have positive effect on shell quality. *Feedstuffs* 2001; 73(14):10-15.

Mabe I, Rapp C, Bain MM, Nys Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science* 2003; 82(12):1903–1913.

Mazzuco H. Integridade óssea em poedeiras comerciais: influência de dietas enriquecidas com ácidos graxos poliinsaturados e tipo de muda induzida. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA; 2006. Circular Técnica, 47.

Mazzuco H, Hester PY. The effect of an induced molt and a second cycle of lay on skeletal integrity of White Leghorns. *Poultry Science* 2005; 84:771- 781.

Mcdowell LR. Minerals in Animal and Human Nutrition. New York: Academic Press, 1992.

Miles RD. Gravedad específica del huevo: establecimiento de um programa de verificación: generalidades sobre la calidad del cascarón de huevo. México: Asociación Americana de Soya, 1993.

Paz ICLA. Acompanhamento do desenvolvimento do tecido ósseo de matrizes pesadas por meio da técnica de densitometria óptica em imagens radiográficas, qualidade óssea e produção de ovos. [Tese]. Botucatu (SP): Universidade Estadual Paulista; 2006.

Reddy AB, Dwived JN, Ashmead AD. Mineral chelation generates profit. *World Poultry* 1992; 8:13-15.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Ferreira AS, Oliveira RF, Lopes DC. Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 2000.

Rutz F, Pan EA, Xavier GB. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. 2006. [cited 2008 mar. 30]. Available from: <http://www.aveworld.com.br/index.php?documento=141>

Scatolini AM. Mn, Zn e Se associados a moléculas orgânicas na alimentação de galinhas poedeiras no segundo ciclo de produção. [Dissertação]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 2007.

Scott ML, Neshein MC, Young RJ. Nutrition of the chicken. 3 ed. New York: M.L. Scott; 1982.

Sechinato AS. Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. [Dissertação]. Pirassununga (SP): Universidade de São Paulo; 2003.

- Smith MO, Sherman IL, Miller CL, Robbins KR. Relative biological availability of manganese from manganese proteinate, manganese sulfate and manganese monoxide in broilers reared at elevated temperatures. *Poultry Science* 1995; 74(4):702-707.
- Spears JW, Schoenherr WD, Kegley EB, Flowers WL, Alhunsen HD. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. *Journal of Animal Science* 1992; 70:243. Supplement 1.
- Stell RGD, Torrie JH. Principles and procedures of statistics. New York: McGraw-Hill; 1980.
- Torres AP. Alimentação das Aves. São Paulo: Melhoramentos; 1969.
- Underwood EJ. The mineral nutrition of livestock. 3 ed. Wallingford: CABI, 1999.
- Vieira SL. Minerais quelatados na nutrição animal. *Ave World* 2004; 3(15):46-55.
- Wedekind KJ, Hortin AE, Baker DH. Methodology for assessing zinc bioavailability: efficacy estimative for zinc-methionine, zinc sulfate and zinc oxidase. *Journal of Animal Science* 1992; 70:178-187.
- Whitehead CC, Fleming RH. Osteoporosis in cage layers. *Poultry Science* 2000; 79(7):1033-1041.
- Xavier GB, Rutz F, Dionello NJL, Duarte AD, Gonçalves FM, Zauk NHF, Ribeiro CLG. Performance of layers fed diets containing organic selenium, zinc and manganese, during a second cycle of production. In: 20 Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry; 2004; Lexington, Kentucky, EUA. p.19.

CAPÍTULO 3

EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE MINERAIS ORGÂNICOS SOBRE A QUALIDADE DO OVO DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO CICLO DE PRODUÇÃO

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos do nível e do tipo de suplemento dietético de microminerais, inorgânico ou orgânico, para poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção. Desta forma, 360 aves de 72 semanas foram submetidas a muda forçada. Depois da muda, as aves de 83 semanas de idade foram selecionadas e alojadas segundo um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições de dez aves. O tratamento controle foi constituído de suplementação à dieta de 0,10 % de uma fonte de microminerais inorgânicos, a qual foi substituída proporcionalmente por cinco níveis (110, 100, 90, 80 e 70 %) de um complexo de microminerais com 30; 30; 40; 6; 0,61 e 0,3 g/kg do produto de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se, respectivamente. Todas as dietas eram isoprotéicas, isoenergéticas e isoaminoácídicas. A cada 28 dias do período experimental (112 dias), quatro ovos por repetição foram coletados para avaliação da qualidade (gravidade específica, % de gema, % de albúmen, % de casca, índice gema, unidades Haugh, espessura e resistência à quebra da casca). Uma amostra de cada repetição composta das gemas de três ovos coletados no final do experimento foi utilizada para avaliação do conteúdo em proteína e minerais (Ca, P, Cu, Fe, Mn e Zn). Os resultados foram testados por ANAVA e Tukey a 5 % de significância. A fonte e o nível de microminerais utilizados não afetaram nenhuma característica dos ovos. A pesquisa mostrou que o suplemento de microminerais orgânicos pode substituir a suplementação de microminerais inorgânicos na proporção de 70 %, sem alterar as características dos ovos de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção.

Palavras-chave: elemento traço, gema, suplemento mineral, qualidade da casca, resistência à quebra

**EFFECTS OF ORGANIC MINERAL SUPPLEMENTATION IN DIETS OF
SEMI-HEAVY LAYERS IN THE SECOND CYCLE OF
PRODUCTION ON EGG QUALITIES**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects on egg characteristics of micromineral supplementation levels, as inorganic or organic sources, to diets of post-molting semi-heavy laying hens. 360 layers aged 72-w-old were subjected to conventional induced molting. After molting, 83-w-old layers were selected and allotted in a completely randomized design of six treatments and six replicates of ten birds each one. Control treatment consisted of 0.10% inclusion of inorganic micromineral (IM) premix (100% of IM) to diet (control treatment), which was proportionally replaced with five levels (110, 100, 90, 80 and 70%) of organic micromineral complex (OM) composed of 30; 30; 40; 6; 0.61; and 0.3 g/kg of Zn; Fe; Mn; Cu; I; and Se, respectively. All diets were isoproteic, isoenergetic and isoaminoacidic. At every 28 days all over experimental period (112 days) four eggs per replicate were collected for evaluation of eggs characteristics (specific gravity, % yolk, %albumen, % shell, index yolk, Haugh's units, thickness and breaking resistance of shell). At the end of experimental period, yolks of three eggs per experimental unit were collected for analyses of protein and mineral content (Ca, P, Cu, Fe, Mn, and Zn). Data were analyzed by ANOVA and Tukey's test at 5% of significance. Sources and levels of microminerals did not influence ($P > 0.05$) any characteristic of eggs. This study showed that 70% of organic mineral complex can replace 100% of inorganic minerals without any loss on quality of eggs of post-molting semi-heavy layers.

Keywords: breaking strength, eggshell quality, supplement mineral, trace element, yolk.

INTRODUÇÃO

A prática da muda forçada tem se intensificado no Brasil com índices de produção bem elevados, ocasionando ovos maiores e, por isso mesmo, exigindo níveis nutricionais mais ajustados à nova realidade. Entretanto, apesar de ser uma técnica muito utilizada, informações sobre os níveis nutricionais recomendados para as aves durante o segundo ciclo de produção são escassas. Em geral, para o período pós-muda são utilizadas as exigências nutricionais das aves ao final do primeiro ciclo de postura, com pequena redução nos níveis dos nutrientes.

Melhorar a biodisponibilidade dos minerais através da utilização de suplemento mineral na forma orgânica pode ser uma alternativa para complementar os ajustes dos níveis nutricionais. Os macro e micro minerais sempre foram suplementados nas dietas de aves a partir de fontes inorgânicas (óxidos, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos). O que tem sido observado na prática é o uso excessivo de minerais como Zn, Cu, Fe e Mn com o objetivo de evitar deficiências (Bertechini, 2003) causadas por possíveis interações entre esses minerais e outras substâncias da dieta, indisponibilizando-os no sistema digestório das aves (Mabe *et al.*, 2003).

Os quelatos são compostos formados por íons metálicos seqüestrados por substâncias orgânicas como aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, estabilidade e solubilidade (Vieira, 2004).

Os minerais orgânicos apresentam maior biodisponibilidade, são prontamente transportados e sua absorção intestinal é maior. Além disso, são mais estáveis e protegidos bioquimicamente das reações adversas com outros nutrientes da dieta, que poderiam reduzir a taxa de absorção dos mesmos (Close, 1998).

Alguns estudos conduzidos para determinar a biodisponibilidade de fontes orgânicas para aves demonstraram que as formas orgânicas testadas foram melhores disponibilizadas que as inorgânicas (Ammerman *et al.*, 1998; Aoyagi & Baker, 1993; Spears *et al.*, 1992; Baker *et al.*, 1991).

Lundeen (2001) utilizou minerais orgânicos na dieta de poedeiras durante o período de 40 a 60 semanas de idade e observou melhora na percentagem de casca, aumento da resistência à quebra do ovo e menor número de ovos trincados. Significativa redução dos defeitos da casca e melhora na resistência à quebra do ovo foi

observada por Moreng *et al.* (1992) quando suplementaram aves com zinco orgânico, melhora essa que não ocorreu nas aves que receberam fonte inorgânica do produto.

A nutrição das poedeiras, além de influenciar na qualidade física dos ovos (tamanho, percentagem de seus componentes, resistência da casca) pode, ainda, influenciar a qualidade nutricional (composição química) dos mesmos (Franco & Sakamoto, 2005). O ovo é composto por quatro partes principais que são a casca, a membrana da casca, a gema e a clara, sendo que a casca, gema e albúmen representam 10, 30 e 60 % do peso total do ovo, respectivamente. A gema contém 12 a 16 % de proteína e 1,0 a 2,0 % de sais minerais, enquanto o albúmen contém 10 % e 0,6 a 0,9 %, respectivamente (Madrid *et al.*, 1996).

A gema é composta por, aproximadamente, 50 % de sólidos e consiste de uma solução de partículas em uma suspensão de proteínas, com elevados teores de minerais, principalmente ferro e fósforo, que podem ter sua composição afetada pela dieta fornecida (Rose, 1997).

Segundo Cao *et al.* (1996), poedeiras possuem maior necessidade de ferro na dieta, pois cada ovo contém, aproximadamente, 1,5 mg de ferro na gema, o que representa 25 % das reservas disponíveis no fígado. Paik (2001) observou incremento na quantidade de ferro na gema do ovo para o tratamento com complexo ferro-metionina, quando comparado com as aves que receberam ferro na forma inorgânica.

O metabolismo do selênio em aves tem sido muito estudado nos últimos 30 anos, mas ainda não está claro se o selênio é incorporado na casca e/ou gema do ovo e se esta incorporação é dependente do fornecimento do mineral na dieta. Segundo Franco & Sakamoto (2005) a suplementação de selênio nas rações de poedeiras permite aumentar a concentração deste mineral nos ovos, o que favorece maior ingestão de selênio pelos consumidores deste produto. Além disso, o incremento dos níveis de selênio nos ovos possibilita a manutenção de sua qualidade interna durante os períodos de estocagem.

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos de fontes e níveis de suplemento mineral dietético sobre a qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Brotas da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo e teve duração de 112 dias (4 ciclos de 28 dias). Foram utilizadas 360 poedeiras da linhagem semi-pesada Hy-Line Brown com 72 semanas de idade ao final do primeiro ciclo de produção. As aves foram submetidas a muda forçada por método convencional, com 14 dias de jejum e posterior alimentação com milho moído até os 28 dias. Com 83 semanas de idade, após o retorno a produção, as aves foram submetidas aos tratamentos experimentais.

As aves foram alojadas em aviário de produção contendo duas fileiras duplas e sobrepostas de gaiolas, com corredor central. As gaiolas de arame galvanizado tinham dimensões de 1,00 m de comprimento x 45 cm de profundidade e 40 cm de altura. Cada gaiola apresentava dois compartimentos internos, cada um com capacidade para cinco aves, permitindo a acomodação de dez aves por gaiola.

Foram utilizados bebedouros do tipo “nipple” e comedouros de madeira, dispostos na extensão frontal das gaiolas, para cada unidade experimental. A ração foi fornecida à vontade, distribuída de manhã e à tarde. O programa de luz adotado foi o de 17 horas de luz diárias. A temperatura ambiente foi registrada diariamente por meio de termômetro de máxima e mínima, localizado no centro do galpão.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado constituído de seis tratamentos com seis repetições de dez aves por parcela. Os tratamentos experimentais consistiram da inclusão na ração de 100 % de suplemento mineral inorgânico e níveis de 110, 100, 90, 80 e 70 % de suplemento mineral orgânico, ambos suplementos formulados com Zn, Mn, Cu, Fe, Se e I. Na dieta experimental do tratamento com 100 % de minerais inorgânicos foram adicionados 0,10 % de suplemento mineral. Para equivaler a concentração mineral contida em 0,10 % de inclusão do suplemento mineral inorgânico, foram adicionados 0,18 % de suplemento mineral orgânico na ração, referente ao tratamento com 100 % de minerais orgânicos e, a partir desse valor, calculados os demais níveis que corresponderam a 0,198; 0,162; 0,144 e 0,126 % de inclusão (110, 90, 80 e 70 %, respectivamente).

Os suplementos minerais foram formulados de acordo com as recomendações da empresa comercial Tortuga® com níveis de garantia para atender as recomendações

nutricionais de poedeiras em fase final de postura. O suplemento mineral inorgânico foi composto por 54, 54, 72, 10, 0,61 e 0,30 g/kg do produto de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se, respectivamente, enquanto a composição do suplemento mineral orgânico foi de 30, 30, 40, 6, 0,61 e 0,3 g/kg do produto.

A formulação das rações experimentais (Tabela 1), à base de milho e farelo de soja, foram adaptadas de Rostagno *et al.* (2000), diferindo entre si apenas em relação aos níveis de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com diferentes fontes e níveis de microminerais.

Ingredientes (%)	Nível Suplementar de MO (%) ¹					
	100 MI	110	100	90	80	70
Milho moído	65,41	65,32	65,33	65,35	65,37	65,39
Farelo de soja 45%	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24
Farelo de trigo	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66
Fosfato bicálcico	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
Óleo de soja degomado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário calcítico	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73
Supl. mineral	0,100*	0,198**	0,180**	0,162**	0,144**	0,126**
Supl. vitaminico(***)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal (NaCl)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
D-L metionina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada						
EM (kcal/kg de ração)	2790	2790	2790	2790	2790	2790
Proteína bruta (%)	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
Cálcio (%)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Metionina (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Metionina+cistina (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Lisina (%)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

*Suplemento mineral inorgânico, g/kg do produto: zinco 54g, ferro, 54g, manganês 72g, cobre 10g, iodo 0,61g, selênio 0,30g

**Suplemento mineral orgânico, g/kg do produto: zinco 30g, ferro, 30g, manganês 40g, cobre 6g, iodo 0,61g, selênio 0,30g

***Suplemento vitamínico, composição por kg do produto: Vit A 7.520.000 UI, Vit. D3 1.816.000 UI, Vit. E 8400 mg, Vit. K3 1.280 mg, Vit. B1 1.340 mg, Vit. B2 3.000 mg, Vit. B6 1.660 mg, Vit B12 8.000 mg, Ac. nicotínico 20.000 mg, Pantotenato de cálcio 8.000 mg, Ácido fólico 300 mg, Biotina 40 mg

Ao final de cada período de 28 dias foram retirados quatro ovos de cada parcela experimental para análises das características gravidade específica, percentagens de

gema, albúmen e casca, índice gema, unidades Haugh, espessura da casca e resistência à quebra.

Os ovos íntegros foram identificados e pesados individualmente em balança de precisão digital (0,01 g) e submetidos à análise da gravidade específica pelo método da imersão dos ovos em solução salina. Foram preparadas nove soluções com densidades que variaram de 1,060 a 1,100, com variação de 0,005 para cada solução. As gravidades foram aferidas com a utilização de um densímetro.

Para determinação das unidades Haugh os ovos foram quebrados em superfície plana de vidro e foram tomadas três medidas da altura do albúmen com micrômetro na região mediana, entre a borda externa e a gema do ovo. A média dos valores obtidos foi utilizada na fórmula apresentada por Card & Nesheim (1978): $UH = 100 \cdot \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$, onde: H = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g). Obteve-se o peso do albúmen através da diferença entre os pesos do ovo inteiro, gema e casca seca. A percentagem de albúmen foi determinada através da relação peso do albúmen e peso do ovo, sendo o resultado multiplicado por cem.

O percentual de gema foi calculado através da relação peso da gema e peso do ovo, sendo o resultado multiplicado por cem. A qualidade da gema foi avaliada com as medidas de altura (AG) e largura da gema (LG), sendo que a relação entre os dois parâmetros forneceu o índice gema (IG): $IG = AG/LG$.

A resistência à quebra das cascas foi avaliada no ovo inteiro por meio de uma célula específica acoplada ao equipamento Texture Analyser TA.XT plus com sonda Cyl Stainless 2 mm código P/2, a qual registrou a força (Kgf) necessária utilizada para romper a casca.

As cascas foram lavadas em água corrente, secas em estufa a 60 °C por 48 horas e, em seguida, pesadas em balança de precisão digital. O percentual de casca foi obtido pela relação do peso do ovo com o peso da casca seca. A espessura da casca foi determinada em três regiões, através de micrômetro especial, da marca Mitutoyo com precisão de 0,01 milímetro. Estas determinações seguiram o descrito por Souza *et al.* (1984).

As análises de proteína e minerais (P, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn) da gema foram realizadas com ovos coletados ao término do período experimental. Foram utilizados 18 ovos por tratamento. Cada amostra foi composta por três ovos por gaiola,

totalizando seis repetições por tratamento. Após a separação do albúmen, as três gemas foram homogeneizadas e colocadas em estufa a 60 °C por 96 horas. Após esse período foram realizadas análises de proteína, sendo que o teor de nitrogênio total das amostras foi determinado pelo método de Kjeldahl, de acordo com a A.O.A.C. (1995) e a percentagem de proteína foi calculada multiplicando-se o valor médio da percentagem de nitrogênio total pelo fator 6,25. A determinação dos minerais (P, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn) foi realizada segundo as normas da A.O.A.C. (1995).

Os resultados foram comparados por análise de variância para dados balanceados complementados pelo teste de Tukey, utilizando o programa estatístico Sisvar, descrito por Ferreira (2000). O nível de significância considerado foi de 5 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados médios referentes à qualidade de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas com diferentes fontes e níveis de suplemento mineral (Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se).

Os resultados de qualidade interna dos ovos não diferiram significativamente entre os tratamentos. Esses resultados podem ser explicados pelo possível excesso de suplementação dos microminerais utilizados. Os níveis de microminerais estudados, inclusive aqueles obtidos de fontes orgânicas, podem ter sido superiores aos requeridos pelas aves para otimizar a qualidade do ovo. Segundo Bertechini (2003), os níveis de inclusão de microminerais nas dietas de poedeiras utilizados no mercado brasileiro são superiores aos requeridos pelas aves. Como a inclusão de minerais orgânicos foi calculada em função do nível de inclusão de minerais inorgânicos, as fontes orgânicas determinaram uma suplementação superior ao nível necessário.

Tabela 2. Resultados médios referentes à qualidade de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas com suplemento mineral inorgânico (MI) e níveis de suplemento mineral orgânico (MO) (Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se).

Características	MI (%)	MO (%)					CV(%)*
	100	110	100	90	80	70	
Gema (%)	24,99	24,62	24,48	24,24	24,67	24,67	3,59
Índice Gema	0,441	0,442	0,443	0,447	0,443	0,443	2,02
Albúmen (%)	65,92	66,24	66,30	66,62	66,03	66,36	1,41
Unidades Haugh	86,50	87,80	86,75	86,80	87,63	88,03	3,71
Casca (%)	9,08ab	9,15ab	9,22ab	9,14ab	9,29a	8,96b	2,78
Espessura casca (mm)	0,396	0,398	0,403	0,408	0,405	0,397	2,91
GE **	1,085ab	1,085ab	1,086ab	1,085ab	1,087a	1,084b	0,16
Resistência à quebra (gF)	2622	2673	2699	2776	2657	2766	5,31

*CV (%) = Coeficiente de Variação

** GE = gravidade específica

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Pesquisas têm sido realizadas com suplementação dietética de microminerais nas formas inorgânica e orgânica testados individualmente e/ou associados entre si. Considerando-se a adição das diferentes fontes minerais para rações de poedeiras comerciais, os resultados encontrados na literatura são controversos. A não observância de melhores resultados significativos para a qualidade dos ovos em contraposição aos resultados favoráveis pode ser explicada não só pelo possível excesso de suplementação dos microminerais, como por diferenças nas fontes orgânicas e níveis utilizados.

Fontes de minerais orgânicos isolados e/ou associados entre si não exerceram qualquer influência, considerando a média de toda a fase experimental, sobre as unidades Haugh (Scatolini, 2007; Sechinato, 2003) e índice gema (Scatolini, 2007). Correia *et al.* (2000) avaliaram a suplementação de selênio orgânico na alimentação de poedeiras e não observaram diferenças significativas para unidades Haugh, percentagens de gema e albúmen e altura do albúmen.

Entretanto, segundo Rutz *et al.* (2006), poedeiras Isa Brown, no primeiro ciclo de produção, suplementadas com selênio orgânico (principalmente selenometionina) tenderam a apresentar melhora no peso da gema e clara e aumento consistente na qualidade da clara, avaliada através de unidades Haugh, indicando o efeito positivo na absorção e/ou proteção de substâncias lipossolúveis pelo selênio orgânico. Já no segundo ciclo de produção, as aves suplementadas com minerais orgânicos (Se, Zn e Mn) tiveram tendência para melhores pesos de gema e clara. Xavier *et al.* (2004) observaram melhora na qualidade dos ovos de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção e concluíram que existem benefícios na inclusão de Se, Zn e Mn sob a forma de complexo orgânico nesta fase.

Houve efeito significativo de tratamento sobre a gravidade específica e percentagem de casca, onde o tratamento com 80 % de minerais na forma orgânica apresentou maiores valores de percentagem de casca e gravidade específica que o tratamento com 70 % de minerais na forma orgânica, sendo que os demais não diferiram significativamente entre si (Tabela 2).

Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com Scatolini (2007), Albuquerque (2004), Sechinato (2003) e Mabe *et al.* (2003) que utilizaram dietas suplementadas com minerais orgânicos isolados e/ou associados entre si e minerais inorgânicos e não observaram efeito dos tratamentos sobre a qualidade externa dos ovos.

A suplementação de selênio orgânico foi avaliada por Correia *et al.* (2000) que não observaram diferenças significativas para gravidade específica e espessura da casca. Contrariamente a esses resultados, Paton & Cantor (2000) observaram maior resistência da casca de ovos em poedeiras Babcock com 80 semanas de idade suplementadas com selênio orgânico.

A suplementação com Zn e Mn orgânicos nas dietas de poedeiras, segundo alguns autores, tem resultado em efeitos benéficos sobre a qualidade externa do ovo. Paik (2001) avaliou fontes de Zn, Cu e Mn orgânico em poedeiras e observou que a gravidade específica e percentagem de casca foram maiores nos tratamentos que receberam minerais orgânicos e que a associação de Zn e Mn orgânico melhorou a resistência da casca. Segundo o autor, houve influência do Zn na síntese da enzima anidrase carbônica que é essencial para a formação da casca do ovo.

Esses resultados concordam com Klecker *et al.* (1997) que obtiveram maior resistência à quebra de ovos provenientes de galinhas que receberam proteinatos de Zn e Mn em substituição a 20 e 40 % das formas inorgânicas presentes nas dietas testadas. Lundeen (2001) observou melhora da qualidade de casca de ovos de poedeiras quando suplementadas com Mn e Zn quelatados no período da 20ª a 60ª semana de idade.

Poedeiras Isa Brown suplementadas com minerais orgânicos (Se, Zn e Mn) apresentaram tendências para melhor peso de casca (Rutz *et al.*, 2006). Segundo os autores, a suplementação dietética para poedeiras com minerais orgânicos melhora a qualidade da casca, desde que Mn e Zn orgânicos sejam adicionados.

Os resultados médios de percentagem de proteína e composição mineral da gema dos ovos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Teor de proteína e composição mineral na matéria seca da gema de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas com suplemento mineral inorgânico (MI) e níveis de suplemento mineral orgânico (MO).

Trat	Proteína (%)	P g/kg	Ca g/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
100 % MI	31,10	12,03	3,00	4,00	154,00	3,00	86,00
110 % MO	31,00	11,42	3,00	3,70	152,00	3,00	81,80
100 % MO	29,60	12,23	3,00	4,00	167,00	3,00	84,50
90 % MO	31,50	11,85	3,00	4,30	160,00	3,00	82,00
80 % MO	31,60	11,62	3,00	4,00	155,00	3,00	83,80
70 % MO	31,10	11,95	3,00	4,00	147,00	3,00	85,30
Média	31,00	11,85	3,00	4,00	156,00	3,00	83,90
CV* (%)	5,48	6,13	0,00	22,67	12,10	0,00	9,21

* CV (%) = Coeficiente de variação

A utilização de fontes minerais inorgânicas comparadas às orgânicas, em igual ou diferentes concentrações, não influenciou o teor de proteína ou a concentração de minerais na gema. O resultado obtido com 70 % de suplementação de minerais orgânicos foi estatisticamente similar aos tratamentos com inclusão de 100 % de minerais

inorgânicos ou níveis de 110, 100, 90 e 80 % de minerais orgânicos, o que sugere que os níveis de microminerais estudados, inclusive os obtidos de fontes orgânicas, podem ter sido superiores aos requeridos pelas aves.

As médias da percentagem de gema e peso dos ovos observados nesta pesquisa, com aves da linhagem Hy-Line Brown às 99 semanas de idade em segundo ciclo de produção, foram 24,61 % e 68,62 g, respectivamente. A concentração de minerais na gema (Tabela 3) foi maior quando comparada a alguns trabalhos citados na literatura (Kuit, 1984; Mabe *et al.*, 2003). Isso pode ter ocorrido em função da idade e linhagem da ave utilizada no presente estudo. Faria *et al.* (2007) observaram que a concentração de sólidos na gema foi influenciada pela linhagem, sendo os maiores valores obtidos para poedeiras marrons. Os autores relataram, ainda, que quanto mais velha a ave, mais pesado o ovo e maior o valor de percentagem de gema.

Foi observado na presente pesquisa que a suplementação dietética de minerais, tanto orgânicos quanto inorgânicos, não foi suficiente para enriquecer a gema dos ovos, visto que o nível de minerais inorgânicos utilizado seguiu as recomendações para a linhagem em estudo e que não houve diferenças entre os tratamentos.

Benites *et al.* (2005) relataram que a dieta influencia a composição de proteína, ácidos graxos e o conteúdo de colesterol da gema. Quanto a minerais, existe a possibilidade do enriquecimento da gema com ferro.

Bertechini *et al.* (2000) verificaram aumento linear ($p < 0,05$) no conteúdo de ferro da gema quando houve suplementação da dieta a base de milho e farelo de soja até 80 ppm de ferro (sulfato ferroso). Paik (2001) observou que o uso de formas quelatadas de ferro aumenta em até 20 % o conteúdo de ferro da gema do ovo.

Mabe *et al.* (2003) suplementaram dieta a base de milho e farelo de soja com minerais (Zn, Mn e Cu) na forma inorgânica e orgânica e observaram que, independente da fonte, a suplementação de 60, 60 e 10 mg/kg de Zn, Mn e Cu, respectivamente, comparada com o tratamento sem suplementação, aumentou ($p < 0,01$) a concentração de Mn e Zn na gema do ovo, não havendo diferença significativa na concentração de cobre.

Skrivan *et al.* (2005) utilizaram suplemento mineral inorgânico com Zn, Fe e Cu isolados e/ou associados na dieta de poedeiras e observaram que a suplementação da dieta basal com ferro aumentou 6,3 % a concentração de ferro na gema. Os autores observaram que houve antagonismo entre Zn e Cu, sendo que a deposição de Zn na

gema foi significativamente menor com o aumento de Cu e vice-versa. O enriquecimento dos ovos com os outros elementos foi marginal (Cu) ou ausente (Zn).

A não observância do aumento da concentração de minerais na gema no presente estudo, contrariamente aos observados por Skrivan *et al.* (2005), Mabe *et al.* (2003) Bertechini *et al.* (2000) e Paik (2001) pode ter sido em função da determinação dos níveis de suplementação dos minerais na dieta, cujo intervalo pode ter sido insuficiente para expressar o potencial dos efeitos dos minerais na gema.

CONCLUSÕES

Nas condições de realização desta pesquisa conclui-se que o nível de 70 % do suplemento mineral orgânico, em relação ao nível de 100 % de minerais inorgânicos, pode ser utilizado na dieta de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção sem que ocorra alterações na qualidade dos ovos, nível protéico e composição mineral da gema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Association of Official Analytical Chemists – AOAC.. Official methods of analysis. 16 ed. 1995. v. 1-2.

Albuquerque, R. Produção e qualidade da casca de ovos de galinhas poedeiras recebendo microminerais orgânicos em sua dieta. [Tese Livre-Docência]. Pirassununga (SP): Universidade de São Paulo; 2004.

Ammerman CB, Baker DH, Lewis AJ. Supplemental organically bound mineral compounds. In: Garnsworthy PC, Wiseman J, editores. Recent advances in animal nutrition. Nottingham: University Press; 1998. p.156-178.

Aoyagi S, Baker DH. Nutritional evaluation of a copper-methionine complex for chicks. Poultry Science 1993; 72(12):2309-2315.

Baker DH, Odle J, Funk MA, Wieland TM. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. Poultry Science 1991; 70(1):177-179.

- Benites CI, Furtado PBS, Seibel NF. Características e aspectos nutricionais dos ovos. In: Souza-Soares LA, Siewerdt F. Aves e Ovos. Pelotas: Ed. da Universidade UFPEL, 2005.
- Bertechini AG. Mitos e verdades sobre o ovo e consumo. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas; 2003; Santos, São Paulo, Brasil. p.19-26.
- Bertechini AG, Fassani EJ, Fialho ET, Spadoni JA. Iron supplementation for commercial laying hens in second cycle of production. *Journal of Brazilian Poultry Science* 2000; 2(3):267-272.
- Cao J, Henry PR, Ammermann CB, *et al.* Effect of dietary iron concentration, age and length of iron for use on feed intake and tissue iron concentration of broiler chicks for use as a bioassay supplemental iron sources. *Poultry Science*, 1996; 75(4):495-504.
- Card L.E., Nesheim M.C. Produccion avicola. Zaragoza: Editorial Acribia; 1978.
- Close WH. Biotechnology in the food industry: the role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: 14 Alltech's Annual Symposium; 1998; Nottingham, Nottinghamshire, UK. p. 376-469.
- Correia GMG, Takata FN, Medeiros JP, Barros, ACS, Aguiar, JFC, Evêncio Neto, J. Efeito do tempo de armazenamento sobre a qualidade de ovos de aves tratadas com selênio orgânico. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2000; 29(5):1440-1445.
- Faria DE, Silva FHA, Rizzo MF, Sakamoto MI, Araújo LF, Junqueira OM Sólidos totais e rendimento dos componentes dos ovos de poedeiras brancas e marrons. *Acta Science Animal Science* 2007; 29(2):173-177.
- Ferreira DN. Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: Ufla/Dex/Sisvar; 2000.
- Franco JRG, Sakamoto MI. Qualidade de ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. **Ave World**, 2005; 3(16), 2005.
- Kleckler D, Zemar L, Siske V, Gomez BJ. Influence of trace mineral proteinate supplementation on eggshell quality. *Poultry Science* 1997; 76:116-131. Supplement, 1.
- Kuit AR. Genetic aspects of egg quality. In: 17 World's Poultry Congress, 1984. Cidade eenveto, estado, país. p. 47-50.

Lundeen T. Mineral proteinates may have positive effect on shell quality. *Feedstuffs* 2001; 73(14):10- 15.

Mabe IC, Rapp M, Bain M, Nys Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science* 2003; 82(12):1903–1913.

Madrid AV, Cenzano J, Vicente JM. Manual de indústria dos alimentos. São Paulo:Varela; 1996.

Moreng RE, Balnave D, Zhang D Dietary zinc methionine effect on eggshell quality of hens drinking saline water. *Poultry Science* 1992; 71:1163–1167.

Paik I. Application of chelated minerals in animal production. *Journal of Animal Science* 2001; 14:191-198.

Paton ND, Cantor AH. Effect of dietary selenium source and storage on internal quality and shell strength of eggs. *Poultry Science* 2000; 70:116. Supplement 1.

Rose, SP Principles of poultry science. New York: CAB international, 1997.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Ferreira AS, Oliveira RF, Lopes DC. Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 2000.

Rutz F, Pan EA, Xavier GB. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. 2006. [cited 2006 jul. 6]. Available from:
<http://www.aveworld.com.br/index.php?documento=141>

Scatolini AM. Mn, Zn e Se associados a moléculas orgânicas na alimentação de galinhas poedeiras no segundo ciclo de produção. [Dissertação]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 2007.

Sechinato AS. Efeito da suplementação dietética com microminerais orgânicos na produção e qualidade de ovos de galinhas poedeiras. [Dissertação]. Pirassununga (SP): Universidade de São Paulo; 2003.

Skrivan M, Skrivanova V, Marounek M. Effects of dietary zinc, iron, and copper in layer feed on distribution of these elements in eggs, liver, excreta, soil, and herbage. *Poultry Science* 2005; 84:1570–1575.

Souza PA, Faleiros RRS, Souza HBA. Efeitos sobre a qualidade dos ovos. *Avicultura Industrial* 1984; 893:24-27.

Spears JW, Schoenherr WD, Kegley EB, Flowers WL, Alhunsen HD. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. *Journal of Animal Science* 1992; 70:243. Supplement 1.

Vieira, S.L. Minerais quelatados na nutrição animal. In: *Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos*, 2004. Campinas, São Paulo, Brasil. p.51-70.

Xavier GB, Rutz F, Dionello NJL, Duarte AD, Gonçalves FM, Zauk NHF, Ribeiro CLG. Performance of layers fed diets containing organic selenium, zinc and manganese, during a second cycle of production. In: *20 Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry*; 2004; Lexington, Kentucky, EUA. p.19.

CAPÍTULO 4

**EFEITO DA TEMPERATURA E TEMPO DE ARMAZENAMENTO SOBRE A
QUALIDADE DOS OVOS DE POEDEIRAS SEMI-PESADAS NO SEGUNDO
CICLO DE PRODUÇÃO SUBMETIDAS A DIETAS COM
NÍVEIS E FONTES DE MICROMINERAIS**

RESUMO

O objetivo foi avaliar os efeitos dos níveis e fontes de suplementação micromineral à dietas de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção sobre a qualidade de ovos estocados por até 14 dias em diferentes temperaturas. Foram utilizados ovos de poedeiras com 99 semanas de idade, alimentadas com dietas isoprotéicas, isoenergéticas e isoaminoacídicas. O tratamento controle era uma dieta com suplementação de 0,10% de uma mistura de microminerais inorgânicos, substituída proporcionalmente por cinco níveis (110, 100, 90, 80 e 70%) de complexo de microminerais orgânicos composto por 30; 30; 40; 6; 0,61; e 0,3 g/kg de produto de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se, respectivamente. Para permitir a avaliação do efeito das fontes e níveis de suplementação de microminerais, temperatura (ambiente e sob refrigeração), período de armazenamento (0, 3, 7, 10 e 14 dias) e a interação entre os principais efeitos, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado sub-subdividido em parcelas. Os dados de características dos ovos (peso, gravidade específica, % de gema, % de albúmen, índice gema, % de casca e unidades Haugh) foram submetidos à ANAVA, com decomposição polinomial do efeito do período de armazenamento. A interação entre suplementação mineral x tempo de armazenamento x temperatura de armazenamento também foi analisada. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Os resultados aqui obtidos permitem concluir que as diferentes fontes e níveis de suplementação de microminerais não afetam nenhuma característica dos ovos armazenados até 14 dias em temperatura ambiente ou sob refrigeração. Entretanto, a temperatura ambiente diminui a qualidade dos ovos armazenados, sendo linearmente influenciada pelo tempo de armazenamento, enquanto que a refrigeração reduz os efeitos deletérios do período de armazenamento.

Palavras chaves: estocagem, muda forçada, qualidade dos ovos, suplemento mineral.

**EFFECT OF THE TEMPERATURE AND STORAGE TIME ON QUALITY OF
EGGS OF SEMI-HEAVY LAYERS AT SECOND PRODUCTION CYCLE
FED DIETS SUPPLEMENTED WITH DIFFERENT LEVELS
AND SOURCES OF MICROMINERALS**

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of levels and sources of micromineral supplementation to diets of post-molting semi-heavy laying hens on the quality of eggs subjected to storage at different temperatures and periods. Eggs from 99-w-old layers fed isoprotein, isoenergetic and isoaminoacids diets supplemented with 100% of inorganic micromineral (MI) premix (control treatment) that was replaced by organic mineral (OM) complex at 110, 100, 90, 80, and 70% to furnish 54; 54; 10; 0.61; 72; and 0.6 g of Zn; Fe; Mn; Cu; I; and Se per t of feed, respectively. A completely randomized design divided in sub-sub-plots to evaluate the effect of six levels and two sources of microminerals, storage temperature (environment and under refrigeration) and storage time (0, 3, 7, 10 and 14 days) and interactions among main effects were adopted. Egg characteristics (weight, specific gravity, % yolk, % albumen, yolk index, % shell and Haugh's units) were analyzed by ANOVA with polynomial decomposition of the effects of storage period. Also, micromineral supplementation vs storage time vs temperature interactions were analyzed. When necessary, means were compared by Tukey's test ($P < 0.05$). Results here obtained allow to conclude that sources and levels of micromineral supplementation to diet of post-molting semi-heavy layers do not affect any characteristic of eggs stocked up to 14 days at room or refrigerator temperatures. However, room temperature of storage decreases the quality of eggs, mainly Haugh's units, with linear influences of increasing storage time. But, cooling reduces the deleterious effects of stocking period.

Keywords: egg quality, post molting layer, storage, supplement mineral

Introdução

A nutrição da poedeira está diretamente relacionada com a qualidade do ovo. Para uma boa nutrição é essencial fornecer dieta balanceada que atenda as exigências nutricionais, em quantidade e qualidade. Os minerais são considerados de grande importância na alimentação, pois participam de processos bioquímicos corporais, formação da casca e qualidade do ovo produzido (Mabe *et al.*, 2003; Leeson & Summers, 2001; Vicenzi, 1996).

Atualmente, especial atenção tem sido dada às dietas de poedeiras suplementadas com fontes de minerais orgânicos ou quelatados. A Association of American Feed Control Officials Incorporated – AAFCO, (1997) conceitua os minerais orgânicos como íons metálicos ligados quimicamente a uma molécula orgânica, formando estruturas com características únicas de estabilidade e de alta biodisponibilidade animal.

Reddy *et al.* (1992) relataram que as formas orgânicas dos microelementos ou minerais quelatados aumentam a biodisponibilidade dos minerais, podendo trazer vários benefícios às aves, como melhorar a qualidade interna dos ovos. Alguns estudos conduzidos para determinar a biodisponibilidade de fontes orgânicas para aves demonstraram que as formas orgânicas testadas foram melhores disponibilizadas que as inorgânicas (Ammerman *et al.*, 1998; Aoyagi & Baker, 1993; Spears *et al.*, 1992; Baker *et al.*, 1991).

Entretanto, são poucos e controversos os resultados dos trabalhos de pesquisas realizados com minerais orgânicos em relação à qualidade de ovos armazenados. Scatolini (2007) avaliou suplemento mineral dietético composto por manganês, zinco, selênio, ferro e cobre de fontes inorgânica e orgânica, e manganês, zinco e selênio testados individualmente e/ou associados entre si, e não observou efeito dos minerais orgânicos sobre o peso do ovo, unidades Haugh e índice gema de ovos armazenados por 14 dias em temperatura ambiente. Correia *et al.* (2000) utilizaram selênio orgânico na alimentação de poedeiras e não observaram diferenças significativas na qualidade dos ovos armazenados em temperatura ambiente por diferentes períodos.

Contrariamente a esses resultados, Rutz *et al.* (2006) observaram que a substituição de formas inorgânicas por orgânicas aumentou o tempo de prateleira dos ovos. Franco & Sakamoto, (2005) relataram que a suplementação de selênio nas rações de poedeiras permite aumentar a concentração deste mineral nos ovos, e que o

incremento dos níveis de selênio nos ovos possibilita a manutenção da qualidade interna durante os períodos de estocagem.

Independente da nutrição, a qualidade do ovo começa a diminuir logo após a postura. Essas mudanças podem ser retardadas, mas não evitadas inteiramente (Theron *et al.*, 2003; Rose, 1997).

A qualidade interna do ovo depende, em parte, da presença e camada de albúmen densa, que é dada pela proteína ovomucina (Stevens, 1996). As condições e o tempo de armazenamento parecem ser os fatores mais cruciais que afetam a qualidade do albúmen sendo que, nos três a quatro dias após a postura, a qualidade diminui mais rapidamente (Strong *et al.*, 1987).

Depois desse período eles perdem qualidade de maneira contínua (Moreng & Avens, 1990). Um aspecto importante que auxilia a preservação da qualidade interna dos ovos é a sua refrigeração (Carvalho *et al.*, 2003; Seleim & El-Prince, 2000; Souza *et al.*, 1997).

A validade máxima de um ovo, em temperatura ambiente, sem prejudicar a sua qualidade interna, varia de quatro (Ahn *et al.*, 1981) a quinze dias (Oliveira, 2000) após a data de postura. Entretanto, o período para consumo de ovos frescos tem sido definido como três semanas (Cepero *et al.*, 1995), gerando controvérsias quanto ao estabelecimento do período de armazenamento para ovos em temperatura ambiente e sob refrigeração.

A piora da qualidade está associada principalmente à perda de água e de dióxido de carbono durante o período de armazenamento, sendo proporcional a elevação da temperatura do ambiente (Leandro *et al.*, 2005).

Santos (2005), Barbosa *et al.* (2004) e Vêras *et al.* (1999) avaliaram o efeito do ambiente de temperatura e do tempo de armazenamento sobre a qualidade interna de ovos e observaram que o peso dos ovos e as unidades Haugh foram alterados em função do tempo e do ambiente.

O objetivo deste experimento foi avaliar os efeitos da suplementação dietética de microminerais de fonte inorgânica e níveis de fonte orgânica em poedeiras semi-pesadas da linhagem Hy-Line Brown no segundo ciclo de produção sobre a qualidade dos ovos armazenados por diferentes períodos e temperaturas.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Brotas da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA) do Estado de São Paulo. Foram utilizados ovos de poedeiras comerciais com 99 semanas de idade ao término do período experimental.

As aves foram alojadas em aviário de produção contendo duas fileiras duplas e sobrepostas de gaiolas, com corredor central. As gaiolas de arame galvanizado tinham dimensões de 1,00 m de comprimento x 45 cm de profundidade e 40 cm de altura. Cada gaiola apresentava dois compartimentos internos, cada um com capacidade para cinco aves, permitindo a acomodação de dez aves por gaiola.

Foram utilizados bebedouros do tipo “nipple” e comedouros de madeira dispostos na extensão frontal das gaiolas, para cada unidade experimental. A ração foi fornecida à vontade, distribuída de manhã e à tarde. O programa de luz adotado foi o de 17 horas de luz diárias. A temperatura ambiente foi registrada diariamente por meio de termômetro de máxima e mínima, localizado no centro do galpão.

As aves foram alimentadas pelo período de 112 dias com rações isoprotéicas, isoenergéticas e isoaminoácídicas diferindo entre si apenas em relação aos níveis de zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu), iodo (I) e selênio (Se). As dietas experimentais consistiram da inclusão na ração de 100 % de suplemento mineral inorgânico e níveis de 110, 100, 90, 80 e 70 % de suplemento mineral orgânico, ambos formulados com Zn, Mn, Cu, Fe, Se e I. Na dieta experimental do tratamento com 100 % de minerais inorgânicos foram adicionados 0,10 % de suplemento mineral. Para equivaler a concentração mineral contida em 0,10% de inclusão do suplemento mineral inorgânico, foram adicionados 0,18 % de suplemento mineral orgânico na ração, referente ao tratamento com 100 % de minerais orgânicos e, a partir desse valor, calculados os demais níveis que corresponderam a 0,198; 0,162; 0,144 e 0,126 % de inclusão (110, 90, 80 e 70 %, respectivamente).

Os suplementos minerais foram formulados de acordo com as recomendações da empresa comercial Tortuga® com níveis de garantia para atender as recomendações nutricionais de poedeiras em fase final de postura. O suplemento mineral inorgânico foi composto por 54, 54, 72, 10, 0,61 e 0,30 g/kg do produto de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se,

respectivamente, enquanto a composição do suplemento mineral orgânico foi de 30, 30, 40, 6, 0,61 e 0,3 g/kg do produto.

A formulação das rações experimentais (Tabela 1), à base de milho e farelo de soja, foram adaptadas de Rostagno *et al.* (2000), diferindo entre si apenas em relação aos níveis de Zn, Fe, Mn, Cu, I e Se.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção suplementadas com diferentes fontes e níveis de microminerais.

Ingredientes (%)	Nível Suplementar de MO (%) ¹					
	100 MI	110	100	90	80	70
Milho moído	65,41	65,32	65,33	65,35	65,37	65,39
Farelo de soja 45%	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24
Farelo de trigo	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66
Fosfato bicálcico	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
Óleo de soja degomado	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Calcário calcítico	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73	7,73
Supl. Mineral	0,100*	0,198**	0,180**	0,162**	0,144**	0,126**
Supl. vitaminico(***)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Sal (NaCl)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
D-L metionina	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição Calculada						
EM (kcal/kg de ração)	2790	2790	2790	2790	2790	2790
Proteína bruta (%)	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50	15,50
Cálcio (%)	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Fósforo disponível (%)	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
Metionina (%)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Metionina+cistina (%)	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Lisina (%)	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74

*Suplemento mineral inorgânico, g/kg do produto: zinco 54g, ferro, 54g, manganês 72g, cobre 10g, iodo 0,61g, selênio 0,30g

**Suplemento mineral orgânico, g/kg do produto: zinco 30g, ferro, 30g, manganês 40g, cobre 6g, iodo 0,61g, selênio 0,30g

***Suplemento vitamínico, composição por kg do produto: Vit A 7.520.000 UI, Vit. D3 1.816.000 UI, Vit. E 8400 mg, Vit. K3 1.280 mg, Vit. B1 1.340 mg, Vit. B2 3.000 mg, Vit. B6 1.660 mg, Vit B12 8.000 mg, Ac. nicotínico 20.000 mg, Pantotenato de cálcio 8.000 mg, Ácido fólico 300 mg, Biotina 40 mg

O experimento foi realizado utilizando-se delineamento inteiramente casualizado, em parcelas sub-sub-divididas, a fim de se estudar o efeito isolado das fontes de minerais (100 % MI; 110, 100, 90, 80 e 70 % MO), temperatura de armazenamento

(ambiente e sob refrigeração), tempo de armazenamento (0, 3, 7, 10 e 14 dias) e suas interações por meio de análise de variância. A parcela principal foi constituída das fontes minerais, a sub-parcela da temperatura e a sub-sub-parcela do tempo de armazenamento.

Ao final do período experimental foram coletados 240 ovos. Deste total, um lote constituído de 48 ovos foi utilizado como controle e analisado 2 horas após a coleta. Outros dois lotes, com 96 ovos cada, foram identificados, acondicionados em bandejas de papelão e armazenados em geladeira e temperatura ambiente.

Aos 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento foram retirados 24 ovos por temperatura (4 ovos por fonte mineral) para análises da qualidade interna e externa. As características avaliadas foram peso do ovo (PO), gravidade específica (GE), percentagens de gema (% G), albúmen (% A) e casca (% Ca), índice gema (IG) e unidades Haugh (UH).

Os ovos foram submetidos ao exame de gravidade específica pelo método da imersão dos ovos em solução salina. Foram preparadas nove soluções com densidades que variaram de 1,060 a 1,100, com variação de 0,005 para cada solução. As gravidades foram aferidas com a utilização de um densímetro.

Para determinação das unidades Haugh os ovos foram quebrados em superfície plana de vidro e foram tomadas três medidas da altura do albúmen com micrômetro na região mediana, entre a borda externa e a gema do ovo. A média dos valores obtidos foi utilizada na fórmula apresentada por Card & Nesheim (1978): $UH = 100 \cdot \log (H + 7,57 - 1,7 W^{0,37})$, onde: H = altura do albúmen (mm) e W = peso do ovo (g). Obteve-se o peso do albúmen através da diferença entre os pesos do ovo inteiro, gema e casca seca. A percentagem de albúmen foi determinada através da relação peso do albúmen e peso do ovo, sendo o resultado multiplicado por cem.

O percentual de gema foi calculado através da relação peso da gema e peso do ovo. A qualidade da gema foi avaliada com as medidas de altura (AG) e largura da gema (LG), sendo que a relação entre os dois parâmetros forneceu o índice gema (IG): $IG = AG/LG$.

As cascas foram lavadas em água corrente, secas à temperatura ambiente por 48 horas e, em seguida, pesadas em balança de precisão digital. O percentual de casca foi obtido pela relação do peso do ovo com o peso da casca seca. A espessura da casca foi

determinada em três regiões, através de micrômetro especial, da marca Mitutoyo com precisão de 0,01 milímetro. Estas determinações seguiram o descrito por Souza *et al.* (1984).

As médias das características que apresentaram efeito significativo para as fontes de variação fonte de minerais orgânicos, temperatura e suas interações, foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Para as fontes de variação tempo de armazenamento e suas interações foi usada análise de regressão.

As características foram analisadas por meio do programa SAEG – Sistema de Análise Estatística e Genéticas, versão 9.0 (UFV, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura para ovos armazenados em geladeira foi 7 °C, enquanto que as médias de temperatura mínima e máxima observadas para ovos armazenados em temperatura ambiente foram 21 e 24 °C, respectivamente.

Não houve efeito significativo das dietas sobre a qualidade dos ovos armazenados durante 14 dias em temperatura ambiente ou refrigerada. Os resultados médios estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados médios de qualidade dos ovos armazenados por 14 dias em temperatura ambiente e refrigerada

Dieta	Características ¹						
	PO (g)	GE	G (%)	A (%)	CAS (%)	IG	UH
100% MI	68,12	1,076	26,20	64,65	9,15	0,41	67,53
110% MO	67,14	1,075	25,28	65,61	9,11	0,40	64,10
100% MO	65,65	1,076	25,34	65,33	9,33	0,41	72,07
90% MO	67,42	1,077	25,12	65,61	9,26	0,41	68,09
80% MO	66,07	1,077	25,75	64,98	9,27	0,41	67,64
70% MO	67,56	1,077	25,40	65,39	9,22	0,41	70,14
Média	66,99	1,076	25,52	65,26	9,22	0,41	68,26
CV (%)	8,44	0,486	9,07	4,01	10,31	7,28	15,00

¹ PO = peso dos ovos; GE = gravidade específica; %G = percentagem de gema; % A = percentagem de albúmen, %CAS=percentagem de casca, IG = índice gema, UH = unidades Haugh.

Esses resultados podem ser explicados pelo possível excesso de suplementação dos minerais utilizados. Os níveis de minerais estudados, inclusive aqueles obtidos de fontes orgânicas, podem ter sido superiores aos requeridos pelas aves para otimizar a qualidade do ovo. Segundo Bertechini (2003), os níveis de inclusão de minerais nas dietas de poedeiras, utilizados no mercado brasileiro, são superiores aos requeridos pelas aves.

Os poucos resultados encontrados na literatura referentes à suplementação dietética com minerais orgânicos sobre a qualidade de ovos armazenados em diferentes períodos e temperaturas são controversos, o que pode ser explicado não só pelo possível excesso de suplementação dos minerais, como por diferenças nas fontes orgânicas e níveis utilizados.

Scatolini (2007) avaliou suplemento mineral dietético composto por Mn, Zn, Se, Fe, Cu nas formas inorgânica e orgânica, e Mn, Zn e Se testados individualmente e/ou associados entre si, em ovos armazenados por 14 dias em temperatura ambiente, e observou efeito dos minerais orgânicos, na média do período experimental, sobre a manutenção do peso de ovos, sendo que ovos do tratamento com associação de Mn e Zn orgânicos perderam menos peso ($p < 0,05$) que ovos do tratamento com Zn e Se orgânicos, não diferindo dos demais. Em relação as unidades Haugh o tratamento com Mn orgânico expressou o pior resultado, diferindo apenas do tratamento que continha a associação de Mn e Se orgânicos. Não foi observada diferença entre tratamentos para índice gema.

Correia *et al.* (2000) avaliaram ovos de poedeiras recebendo rações suplementadas ou não com selênio orgânico e não observaram diferenças entre os tratamentos sobre a qualidade interna e externa dos ovos armazenados em temperatura ambiente por período de até 21 dias, o qual vem ao encontro dos resultados obtidos nessa pesquisa.

Observou-se no presente estudo efeito significativo da interação fonte de minerais x temperatura x período de armazenamento para unidades Haugh. As equações de regressão estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Equações de regressão das unidades Haugh, em função das fontes e níveis de minerais, avaliadas em temperaturas ambiente e refrigerada durante período de 0, 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento.

Fonte de Minerais	Temperatura	Equações	R ²
100 % MI ¹	tempo / ambiente	$Y = 79,86 - 3,33X$	0,62
	tempo / geladeira	NS*	
110 % MO ²	tempo / ambiente	$Y = 71,34 - 2,67X$	0,79
	tempo / geladeira	NS	
100 % MO	tempo / ambiente	$Y = 82,03 - 2,92X$	0,86
	tempo / geladeira	NS	
90 % MO	tempo / ambiente	$Y = 80,81 - 2,71X$	0,76
	tempo / geladeira	NS	
80 % MO	tempo / ambiente	$Y = 79,20 - 2,75X$	0,85
	tempo / geladeira	NS	
70 % MO	tempo / ambiente	$Y = 80,12 - 2,86X$	0,79
	tempo / geladeira	NS	

¹ MI = minerais inorgânicos; ² MO = minerais orgânicos

*NS = não significativo

Quando os ovos foram armazenados sob refrigeração não houve diferenças significativas sobre as unidades Haugh durante o período de 14 dias de armazenamento, independente das fontes e níveis de minerais utilizados. O tratamento suplementado com 70 % minerais orgânicos foi similar aos demais tratamentos durante todo o período. Entretanto, ovos armazenados em temperatura ambiente apresentaram redução linear ($p < 0,05$) nos valores das unidades Haugh ao longo do período de armazenamento, independente das fontes e níveis de minerais suplementados, sendo os menores valores observados aos 14 dias.

As unidades Haugh diminuíram mais rapidamente no tratamento com suplementação de 100 % de minerais inorgânicos, que apresentou o menor valor aos sete dias. Entretanto, o coeficiente de determinação de 0,62 encontrado nesse tratamento demonstra maior dispersão dos dados. Nos demais tratamentos a redução nas unidades Haugh durante o período de armazenamento foi similar, constatando-se que as fontes e

níveis de minerais orgânicos utilizados não atenuaram a queda dos valores de unidades Haugh durante o período de armazenamento em temperatura ambiente.

Esses resultados indicam que a refrigeração atenua o efeito deletério do período de armazenamento, independente das fontes e níveis de minerais utilizados, aumentando a vida de prateleira de ovos “in natura”.

Houve efeito significativo da interação tempo x temperatura para índice gema, unidades Haugh e gravidade específica. As equações de regressão e as médias dos resultados estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Observou-se efeito linear negativo de tempo (dias) sobre as unidades Haugh e gravidade específica em ambas temperaturas e para índice gema somente nos ovos armazenados em temperatura ambiente (Tabela 4).

Tabela 4. Equações de regressão do índice gema, unidades Haugh e gravidade específica avaliadas durante período de 0, 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento em temperaturas ambiente e refrigerada.

Variável	Fonte de Variação	Equações	R ²
Índice gema	tempo / ambiente	$Y = 0,427 - 0,0058X$	0,92
	tempo / refrigeração	NS*	-
Unidades Haugh	tempo / ambiente	$Y = 78,93 - 2,83X$	0,88
	tempo / refrigeração	$Y = 80,78 - 0,667X$	0,63
Gravidade Específica (g/ml)	tempo / ambiente	$Y = 1,083 - 0,001089X$	0,95
	tempo / refrigeração	$Y = 1,083 - 0,001148X$	0,93

*NS: não significativo

Observou-se que a gravidade específica diminui com aumento no período de armazenamento em ambas as temperaturas. Entretanto, só diferiu significativamente no 7º dia de armazenamento, observando-se maior valor para ovos armazenados em temperatura ambiente (Tabela 5). Constatou-se valores idênticos de índice gema para ambas temperaturas até o 3º dia de armazenamento. A partir desse período, ovos armazenados em temperatura refrigerada apresentaram melhor índice gema. À medida que o tempo aumentou houve diminuição linear das unidades Haugh de ovos

armazenados em temperatura ambiente, observando-se diferenças significativas entre temperaturas a partir do 3º dia.

Tabela 5. Resultados médios de gravidade específica, índice gema e unidades Haugh referentes a ovos armazenados por período de 0, 3, 7, 10 e 14 dias em temperaturas ambiente e refrigerada.

Variável	Temperatura	Tempo de armazenamento (dias)				
		0	3	7	10	14
Gravidade	Ambiente	1,082	1,082	1,077*	1,072	1,068
Específica	Geladeira	1,085	1,080	1,073	1,074	1,068
Índice	Ambiente	0,42	0,42	0,38*	0,38*	0,34*
Gema	Geladeira	0,42	0,42	0,42	0,44	0,43
Unidades	Ambiente	82,23	69,43*	50,41*	57,11*	39,23*
Haugh	Geladeira	84,36	75,81	73,80	73,75	73,48

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade para valores nas colunas para cada variável.

Constatou-se, portanto, que a temperatura e o período de armazenamento influenciaram consideravelmente os valores de índice gema e unidades Haugh, sendo que os ovos mantidos em geladeira apresentaram melhores resultados.

Os resultados obtidos para unidades Haugh concordam com Oliveira (2006), Barbosa *et al.* (2004) e Vêras *et al.* (1999) que observaram que o aumento no período de armazenamento, tanto em temperaturas ambiente como refrigerada, acarreta diminuição nas unidades Haugh, sendo os piores valores obtidos em ovos armazenados em temperatura ambiente. Jones & Musgrove (2005) analisaram o efeito do tempo de armazenamento em ovos armazenados a 4 °C e verificaram que as unidades Haugh diminuíram significativamente a partir da segunda semana de armazenamento.

Abdallah *et al.* (1993) relataram que a gravidade específica dos ovos apresenta relação direta com o percentual de casca e com a resistência à quebra, podendo ser utilizada como método indireto na determinação da qualidade da casca. Segundo Sauver (1993) a redução da gravidade específica do ovo ocorre de forma linear, estimando-se em torno de 0,0016 unidades por dia, em temperatura ambiente (15 a 22 °C). Entretanto, pode-se concluir no presente estudo que a piora da gravidade específica ocorreu

independente da temperatura de armazenamento, sem afetar a qualidade externa dos ovos. Resultados semelhantes foram citados por outros autores (Jordão Filho *et al.*, 2006; Carvalho *et al.*, 2003) que observaram que a temperatura e o tempo de armazenamento afetaram a qualidade interna dos ovos, enquanto a qualidade externa não foi alterada.

Houve efeito isolado ($p < 0,05$) do período de armazenamento sobre as características de gravidade específica, percentagens de albúmen, gema e casca, índice gema e unidades Haugh. Observou-se efeito linear para os valores da gravidade específica, percentagens de albúmen, índice gema e unidades Haugh, que diminuíram ($p < 0,05$) no decorrer dos 14 dias de armazenamento, enquanto a percentagem de gema aumentou ($p < 0,05$). A percentagem de casca apresentou efeito quadrático (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito do período de armazenamento sobre a qualidade interna e externa de ovos de poedeiras semi-pesadas em segundo ciclo de produção submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais.

Caract.	Período de Armazenamento (dias)					Média	CV (%)	Equações	R ²
	0	3	7	10	14				
IG ⁽¹⁾	0,42	0,42	0,40	0,41	0,38	0,41	7,28	$Y = 0,42 - 0,00263T$	0,92
G (%)	24,18	24,93	25,25	26,12	25,52	25,52	9,07	$Y = 24,15 + 0,200T$	0,97
A (%)	66,94	65,87	65,47	64,39	63,63	65,26	4,01	$Y = 66,82 - 0,229T$	0,97
UH	83,30	72,62	66,93	62,11	56,35	68,26	15,00	$Y = 80,69 - 1,82T$	0,88
Cas (%)	8,88	9,20	9,28	9,49	9,27	9,22	1,031	$Y = 8,89 + 0,11T - 0,0058T^2$	0,91
GE	1,083	1,081	1,075	1,073	1,068	1,076	0,49	$Y = 1,08 - 0,00109T$	0,98

¹ IG = índice gema, %G = percentagem de gema; %A = percentagem de albúmen, UH = unidades Haugh., %Cas = percentagem de casca, GE = gravidade específica.

O índice gema e percentagem de albúmen, características relacionadas com a qualidade interna do ovo, pioraram significativamente no decorrer do período de armazenamento. Observou-se que a percentagem de gema é inversamente proporcional a percentagem de albúmen. Isso ocorre porque, no momento da postura, existe um gradiente de pressão osmótica entre o albúmen e a gema, que se acentua de forma progressiva à medida que a água passa do albúmen para a gema (Silversides & Budgell, 2004; Sauveur, 1993), causando enfraquecimento da membrana vitelínica (Moreng &

Avéns, 1990). No princípio, esse trânsito é lento (10 mg/dia à 10 °C), mas a velocidade dessa transferência depende da temperatura, sendo que a 30 °C essa transferência acontece em 30 dias, mas a 10 °C ocorre em 120 dias (Sauveur, 1993). A migração da água para a gema está relacionada a grandes moléculas de proteína que penetram na gema por osmose (Barbosa *et al.*, 2004) e a temperatura ambiente é um dos principais fatores que causam a redução da umidade dos ovos com aumento do tempo de estocagem (Stadelman & Cotterill, 1995). Durante o período de armazenamento o conteúdo da gema em umidade pode variar de 46 a 59%, dependendo do tempo e condições de armazenamento (Ordóñez, 2005; Souza-soares & Siewerdt, 2005). Carvalho *et al.* (2003) verificaram maior percentual de gema para ovos estocados a mais de nove dias, enquanto nesta pesquisa houve elevação linear da percentagem de gema com o tempo de armazenamento.

Os valores de unidades Haugh e gravidade específica dos ovos foram alterados significativamente durante o período de armazenamento. Isso é explicado pelo fato do ovo, logo após a postura, ainda não possuir câmara de ar e apresentar maior altura de albúmen, conseqüentemente, maior valor de unidades Haugh, o que lhe confere melhor qualidade (Carbó, 1987). À medida que o ovo resfria, seu conteúdo se retrai e o ar entra pela casca porosa criando a câmara de ar localizada na extremidade mais larga do ovo. Essa câmara continua a crescer em conseqüência da perda de água para o ambiente externo durante o período de armazenamento, o que provoca aumento progressivo da câmara de ar e conseqüente diminuição da gravidade específica do ovo (Oliveira, 2006).

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2006), Vêras *et al.* (1999) e Brugalli *et al.* (1998), que avaliaram a qualidade interna dos ovos armazenados em dois ambientes (natural e refrigerado) e diferentes tempos de armazenamento e verificaram redução nas unidades Haugh e gravidade específica com o aumento do tempo de armazenamento.

Observou-se aumento quadrático na percentagem de casca durante o período de armazenamento em temperatura ambiente. O maior valor foi obtido no 10º dia de armazenamento. Provavelmente, isso ocorreu devido a maior ($p > 0,05$) perda no peso do ovo durante os primeiros dez dias de armazenamento, uma vez que o peso da casca permanece constante. O ovo e o albúmen perdem peso durante o armazenamento devido à migração de umidade e CO₂ através da casca (Silversides & Budgell 2004; Solomon,

1991). Silversides & Scott (2001) observaram aumento na percentagem de casca a partir do terceiro dia de armazenamento em ovos armazenados à temperatura ambiente durante dez dias. Santos (2005) observou maior percentagem de casca em ovos armazenados em temperatura ambiente por período superior a 14 dias. Contrariamente a esses resultados, Oliveira (2006) não observou variação na percentagem de casca em ovos armazenados em temperatura ambiente por 30 dias.

Observou-se efeito isolado da temperatura de armazenamento sobre as características peso do ovo e percentagens de gema e albúmen. As médias dos resultados estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Efeito da temperatura durante período de 14 dias de armazenamento sobre a qualidade de ovos de poedeiras semi-pesadas pós muda submetidas às dietas suplementadas com fontes e níveis de microminerais.

Temperatura	Características		
	Peso do ovo	Percentagem de gema	Percentagem de albúmen
Ambiente	66,40 B	25,81 A	64,90 B
Refrigerado	67,59 A	25,22 B	65,62 A
Média	66,99	25,52	65,26
CV (%)	8,44	9,07	4,01
Prob	0,049	0,01	0,00

^{A, B} Letras distintas na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste F ($p < 0,05$).

Ovos armazenados em geladeira perderam menos ($p < 0,05$) peso comparado aos ovos armazenados em temperatura ambiente (Tabela 7). A temperatura ambiente é um dos principais fatores que causam a redução da umidade dos ovos com aumento do tempo de estocagem (Stadelman & Cotterill, 1995). A perda de peso ocorre devido à redução de água da clara, que diminui linearmente com o período de estocagem, sendo significativamente mais acentuada nos ovos mantidos em temperatura ambiente (Santos, 2005). A perda de água nos ovos realiza-se por evaporação e varia em função do período de armazenamento, temperatura ambiente, umidade relativa do ar e porosidade da casca.

Jordão Filho *et al.* (2006) e Oliveira (2006) não observaram perda de peso em ovos armazenados por 28 dias a 5 °C e 30 dias a 6 °C, respectivamente. Entretanto,

perda de peso significativa foi observada no 5º dia em ovos armazenados em temperatura ambiente (Silversides & Scot, 2001; Oliveira, 2006), sendo que aos 15 dias de armazenamento a 25 °C, essa perda chegou a 5 % do peso dos ovos (Oliveira, 2006).

Assim como o ovo inteiro, o albúmen sofreu redução percentual, enquanto o percentual de gema aumentou, sendo os piores resultados observados nos ovos armazenados em temperatura ambiente. A maior perda de água do albúmen de ovos armazenados em temperaturas mais elevadas ocasiona maior transferência de água para a gema com conseqüente aumento de peso desta (Oliveira, 2006). Segundo Brake *et al.* (1997), a redução na temperatura de armazenamento acarreta uma diminuição no movimento de água do albúmen para a gema. Cepero *et al.* (1995) concluíram que quanto maior a temperatura de armazenamento, maior é a redução no peso do albúmen e maior é o ganho de peso da gema.

CONCLUSÕES

Nas condições de realização dessa pesquisa conclui-se que as fontes e níveis de minerais orgânicos utilizados não atenuam a perda da qualidade dos ovos durante o período de armazenamento em temperaturas ambiente ou refrigerada. A redução da suplementação dietética de minerais orgânicos até 70 %, em relação ao nível de 100 % de minerais inorgânicos, pode ser utilizada sem que haja prejuízos à qualidade dos ovos de poedeiras semi-pesadas da linhagem Hy-line Brown em segundo ciclo de produção, armazenados em temperatura ambiente ou sob refrigeração. Considerando-se as condições ambientais, constata-se maiores perdas para os ovos mantidos em temperatura ambiente, o que indica que a refrigeração atenua o efeito deletério do período de armazenamento aumentando a vida de prateleira de ovos “in natura”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdallah AG, Harms RH, El-Husseiny O. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. *Poultry Science* 1993; 72(11):2038-2043.

American Association Feed Control Officials – AAFCO. Atlanta; 1997.

Ammerman CB, Baker DH, Lewis AJ. Supplemental organically bound mineral compounds. In: Garnsworthy PC, Wiseman J, editores. Recent advances in animal nutrition. Nottingham: University Press; 1998. p.156-178.

Ahn BY, Kim JW, Lee YBI. Studies on the quality of locally produced eggs during marketing and distribution. II: effects of washing treatment and storage temperature on egg quality. *Korean Journal of Animal Science* 1981; 23(2):92-96.

Aoyagi S, Baker DH. Nutritional evaluation of a copper-methionine complex for chicks. *Poultry Science* 1993; 72(12):2309-2315.

Baker DH, Odle J, Funk MA, Wieland TM. Bioavailability of copper in cupric oxide, cuprous oxide, and in a copper-lysine complex. *Poultry Science* 1991, 70(1):177-179.

Barbosa NAA, Freitas ER, Sakomura NK, Wada MT. Efeito da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade interna de ovos de poedeiras comerciais. *Brazilian Journal Poultry Science* 2004; 60. Suplemento 6.

Bertechini AG. Mitos e verdades sobre o ovo e consumo. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas; 2003; Santos, São Paulo, Brasil. p.19.

Brake J, Walsh TJ, Benton CE, Petite JN, Meijerhof R, Peñalva G. Egg handling and storage. *Poultry Science* 1997; 76:144-151.

Brugalli I, Rutz F, Zonta EP, Victor FB. Efeito do óleo e proteína da dieta na qualidade interna de ovos armazenados. *Revista Brasileira de Agrociência* 1998; 4(3):187-190.

Carbó CB. La gallina ponedora. Madrid: Mundi-Prensa, 1987.

Card LE, Nesheim MC. Produccion avicola. Zaragoza: Editorial Acribia, 1978.

Carvalho FBC, Stringhini JH, Leandro NSM, Jardim RM, Cunha WCP, Café MB. Influência das linhagens e idades de poedeiras comerciais na qualidade interna e da

casca para ovos armazenados sobre diferentes temperaturas. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 2003; 101. Suplemento 5.

Cepero R, Alfonso M, Arnaiz A, Alvaro JR, Elía I, Enfedaque A. Effects of transport and storage conditions on the commercial quality of eggs. In: Briz, R.C. Egg and egg products quality. Zaragoza. 1995

Correia GMG, Takata FN, Medeiros JP, Barros ACS, Aguiar JFC, Evêncio Neto J. Efeito do tempo de armazenamento sobre a qualidade de ovos de aves tratadas com selênio orgânico. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2000; 29(5):1440-1445.

Franco, JRG, Sakamoto, MI. Qualidade de ovos: uma visão geral dos fatores que a influenciam. [cited 2006 jul. 6]. Available from:
<http://www.aveworld.com.br/aveworld/publicacoes.asp?pais=brasil&codigo=53923>.

Jones DR, Musgrove MT. Effects of extended storage on egg quality factors. *Poultry Science* 2005; 84:1774-1777.

Jordão Filho J, Silva JHV, Silva EL, Araujo DM, Ribeiro MLG, Lima MR. Efeitos da relação metionina + cistina:lisina sobre os desempenhos produtivos e econômico e a qualidade interna e externa dos ovos antes e após 28 dias de armazenamento. *Revista Brasileira de Zootecnia* 2006; 35(4):1735-1743.

Leandro NSM, Deus HAB, Stringhini JH. Aspectos de qualidade interna e externa de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na região de Goiânia. *Ciência Animal Brasileira* 2005; 6:71-78.

Leeson S, Summers JD. *Nutrition of the chicken*. 4 ed. Guelph: University Books; 2001.

Mabe IC, Rapp M, Bain M, Nys Y. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. *Poultry Science* 2003; 82(12):1903–1913.

Moreng RE, Avéns JS. *Ciência e produção de aves*. São Paulo: Roca, 1990.

Oliveira BL. Processamento e industrialização de ovos. In: 4 Simpósio Goiano de Avicultura, 4., 2000. Goiânia, Goiás, Brasil. p. 177-186.

Oliveira GE. Influência da temperatura de armazenamento nas características físico-químicas e nos teores de aminos bioativas em ovos. [Dissertação]. Belo Horizonte (MG): Universidade Federal de Minas Gerais; 2006.

Ordóñez JA. Ovos e produtos derivados. In: _____. Tecnologia de alimentos: alimentos de origem animal. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 269-279.

Reddy AB, Dwivedi JN, Ashmead AD. Mineral chelation generates profit. *World Poultry* 1992; 8:13-15.

Rose SP. Principles of poultry science. New York: CAB international, 1997.

Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Ferreira AS, Oliveira RF, Lopes DC. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2 ed. Viçosa (MG): Universidade Federal de Viçosa, 2000.

Rutz F, Pan EA, Xavier GB. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. 2006. [cited 2008 mar. 30]. Available from: <http://www.aveworld.com.br/index.php?documento=141>

Santos MSV. Avaliação do desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais, submetidas às dietas suplementadas com diferentes óleos vegetais. [Dissertação]. Fortaleza (CE). Universidade Federal do Ceará; 2005.

Sauver B. El huevo para consumo: bases productivas. Barcelona: Aedos Editorial, 1993.

Scatolini AM. Mn, Zn e Se associados a moléculas orgânicas na alimentação de galinhas poedeiras no segundo ciclo de produção. [Dissertação]. Jaboticabal (SP): Universidade Estadual Paulista; 2007.

Seleim MA, EL-Prince E. Effect of storage and boiling on some quality characteristics of eggs. *Journal of Agricultural Science* 2000; 31(4):1-15.

Silversides FG, Budgell K. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poultry Science* 2004; 83:1619-1623.

Silversides FG, Scott TA. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Science* 2001; 80:1240-1245.

Solomom SE. Egg and eggshell quality. London: Wolfe; 1991.

Souza PA, Faleiros RRS, Souza HBA. Efeitos sobre a qualidade dos ovos. *Avicultura Industrial* 1984; 893:24-27.

Souza P, Souza HBA, Barbosa JC, Gardini CHC, Neves MD. Effect of laying hens age on the egg quality maintained at room temperature. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 1997; 17(1):49-52.

Souza-Soares LA, Siewerdt F. *Aves e ovos*. Pelotas: UFPEL, 2005.

Spears JW, Schoenherr WD, Kegley EB, Flowers WL, Alhunsen HD. Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. *Journal of Animal Science* 1992; 70:243. Supplement 1.

Stadelman WJ, Cotterill OJ. *Egg science and technology*. 4 ed. Binghamton: Haworth Press, 1995.

Stevens L. Egg proteins: what are their functions? *Science Progress* 1996; 79(1):65-87.

Theron H, Venter P, Lues JFR. Bacterial growth on chicken eggs in various storage environments. *Food Research International* 2003; 36:969-975.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **Sistema de análise estatística e genéticas SAEG**. versão 9.0. Viçosa (MG), 2000.

Véras AL, Velloso CB, Matiotti TG, Faria TC. Avaliação da qualidade interna de ovos armazenados em dois ambientes em diferentes tempos. *Brazilian Journal Poultry Science* 1999; p.55.

Vicenzi E. Fadiga de gaiola e qualidade da casca do ovo. Aspectos nutricionais. In: 6 Simpósio Técnico de Produção de Ovos, 1996; São Paulo, São Paulo, Brasil. p. 77-91.

CAPÍTULO 5

IMPLICAÇÕES

Os resultados do presente estudo mostram que é viável a utilização de fontes de microminerais orgânicos na dieta de poedeiras semi-pesadas no segundo ciclo de produção, uma vez que não houve prejuízos nas características avaliadas de desempenho, qualidade óssea e qualidade do ovo. Salienta-se, ainda, que os resultados obtidos com a suplementação de 70% de microminerais orgânicos foi semelhante a suplementação com 100% de microminerais inorgânicos.

Embora a utilização de microminerais orgânicos na nutrição de aves represente um grande avanço na zootecnia moderna, ainda existem poucos trabalhos de pesquisa na literatura e os resultados encontrados mostram que as informações, principalmente em relação à qualidade óssea e enriquecimento da gema de ovos, são controversos. Este fato pode ser explicado pela grande quantidade de moléculas quelatadas existentes e suas diferenças de biodisponibilidade, estabilidade e metabolismo, o que dificulta a comparação entre os vários produtos existentes. Além disso, faltam dados de pesquisas com resultados econômicos e testes com novos agentes quelantes, mais baratos que os aminoácidos e que possam ser aproveitados como nutrientes.

A suplementação de microminerais orgânicos na dieta de poedeiras é uma estratégia promissora dentro de várias alternativas que visam reduzir a contaminação ambiental provocada pela produção avícola, uma vez que há a possibilidade de minimizar a suplementação e maximizar a eficiência da utilização dos nutrientes.

Portanto, definir melhor as condições nas quais as respostas no desempenho e saúde possam ser esperadas, definir o nível ótimo de microminerais orgânicos que podem ser suplementados nas dietas, determinar se as respostas observadas são de magnitude tal que justifique o custo e determinar o modo de ação com que os suplementos minerais orgânicos melhoram o desempenho devem ser os objetivos de futuras pesquisas