

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE VETERINÁRIA

COMISSÃO DE ESTÁGIO

USO DE MINERAIS ORGÂNICOS NA AVICULTURA

RAFAEL DE BARROS

PORTO ALEGRE

2009/2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE VETERINÁRIA

COMISSÃO DE ESTÁGIO

USO DE MINERAIS ORGÂNICOS NA AVICULTURA

Autor: Rafael de Barros

Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Vieira

Co-orientador: Msc. Josemar Berres

**Monografia apresentada à Faculdade de Veterinária
como requisito parcial para obtenção da Graduação
em Medicina Veterinária**

PORTO ALEGRE

2009/2

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a Deus, que me permitiu a ter luz na escolha do meu curso e me dado oportunidade de realizá-lo com plena saúde e disposição.

A minha família, minha mãe Irani, meu irmão Tiago por terem depositado confiança e ter suportado as dúvidas e incertezas que ocorrem durante meu amadurecimento como pessoa e profissional. Só a palavra amor serve para descrever o que sinto por vocês. Agradeço o aporte financeiro dado pelo meu pai José Osmar de Barros.

Aos meus orientadores de Estágio Curricular Obrigatório, Lucas Pedroso Colvero e Renata Pamela Steffen pelas inúmeras explicações das incansáveis perguntas. Muito obrigado pelo tempo dispensado a mim.

Ao professor Sergio Luiz Vieira por ter me aceitado como seu orientado no Aviário de Ensino e Pesquisa da UFRGS. Muito obrigado pelos anos de ensino, confiança depositada e pelos conselhos dados durante esses três anos de convivência, com certeza o senhor me tornou um profissional melhor.

Aos colegas do Aviário de Ensino e Pesquisa: Josemar, Jorge, Cibele, Dimitri, Renata, Jaime, Fúlvio, Pedro, Jolvane, André, Diogo, Natacha, Suelle obrigado por tornar o dia-a-dia do laboratório um ambiente “muito de boa”. Em especial ao Josemar, Jorge, Dimitri que sempre me apoiaram e me auxiliaram nos momentos em que precisei. Vocês são exemplos para mim.

Um agradecimento especial aos amigos que Deus coloca nas nossas vidas que são: Gabriel Lima, Thiago Kirst e Fernando Callegaro.

Aos amigos da faculdade, Fernando Cardoso, Rafael Vasconcellos, Tamara Esteves, Elisa Scheid por transformar a rotina da faculdade em dias “super divers”.

Aos colegas do Incubatório e SPO Dourados , pelo apoio, pelos ensinamentos e pela convivência.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
COMISSÃO DE ESTÁGIOS

TÍTULO: Uso de Microminerais Orgânicos na Avicultura

NOME DO AUTOR: Rafael de Barros

ASSINATURA DO AUTOR: _____

ORIENTADOR: Prof. Dr. Sergio Luiz Vieira

CO-ORIENTADOR: Msc. Josemar Berres

APROVADO: _____

SUPERVISORA DO ESTÁGIO CURRICULAR (COMES/VET): Prof. Dr. Flávio
Pacheco de Araújo

Porto Alegre, 26 de Novembro de 2009.

Resumo

O uso de microminerais na produção animal é uma realidade para que haja um desempenho adequado das aves. São cerca de 50 substâncias necessárias para um ótimo crescimento das aves, estes são divididos em essenciais e não essenciais. Os nutrientes essenciais são aqueles que não são produzidos pelos animais e ou são, mas em quantidades insuficientes para atender a demanda, portanto devem vir na dieta. Entre estes últimos estão os minerais. Os minerais são divididos entre macrominerais, grande inclusão na dieta, e microminerais, pequena inclusão na dieta. Os microminerais têm diversas funções no organismo e estas são de vital importância para um crescimento adequado dos animais. Atualmente, os nutricionistas fazem uso de formas inorgânicas de microminerais devido seu baixo custo de inclusão na dieta. Entretanto, pressões de entidades internacionais fazem presentes no tocante de excesso da excreção desses minerais e sua utilização pelos animais. Muitos estudos foram realizados com moléculas associadas a proteínas e/ou aminoácidos para que haja um maior aproveitamento destes minerais pelo animal com uma menor excreção para o ambiente. Os minerais traço organicamente complexados aparecem como alternativa, pois grande parte dos dados da literatura mostram que eles são mais biodisponíveis e utilizam rotas diferentes dos microminerais inorgânicos. Isto confere a característica de não interagir com outros componentes da dieta. Portanto, há um interesse de crescente no uso desses minerais na avicultura.

ABSTRACT

The use of trace minerals in animal production is a reality to achieve a adequate performance of birds. There are about 50 substances necessary for optimal growth of the birds, they are divided into essential and nonessential. The essential nutrients are those that are not produced by animals, or are, but in insufficient quantities to meet demand, so they must come in the diet. Among these ones are the minerals. Minerals are divided into macro minerals, wide inclusion in the diet, and micro, small inclusion in the diet. The trace minerals have different functions in the body and these are vital for proper growth of the animals. Today, nutritionists make use of inorganic forms of trace minerals due to its low cost of inclusion in the diet. However, pressures from international organizations are present in terms to avoid excesses of minerals excretion and their use by animals. Many studies were performed with molecules associated with proteins and / or amino acids to allow a better utilization of these minerals by the animal with a lower excretion to the environment. The organically complexed trace minerals appear as an alternative, because much of the literature data show that they are more bioavailable and use different routes of inorganic trace minerals. This gives the characteristic of not interact with other components of the diet. Therefore, there is a big interest in the use of these minerals in poultry.

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS, SIGLAS E UNIDADES.

Cu Cobre

Fe Ferro

Mn Manganês

Se Selênio

Zn Zinco

QUADROS

Quadro 1 Microminerais para aves e suas funções.....14

Quadro 2 Percentual de fontes de microminerais e sua disponibilidade relativa.....16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
Absorção de Microminerais	14
Biodisponibilidade Biológica de Fontes Minerai s	17
Utilização dos Minerai s Quelatados	20
Desempenho de Animai s Alimentados com Minerai s Orgânicos	21
Zinco	22
Zinco Orgânico.....	23
Ferro.....	25
Ferro Orgânico	27
Selênio	28
Selênio Orgânico	28
Manganês	30
Manganês Orgânico.....	31
CONCLUSÃO.....	32

1 INTRODUÇÃO

Segundo Sechinato (2006), para se obter uma boa nutrição é necessário que o animal receba quantidades adequadas de nutrientes, incluindo-se os minerais, que são considerados de grande importância para as aves, pois participam de todos os processos bioquímicos corporais. Há um interesse atual crescente em explorar fatores que aumentem a absorção ou metabolização dos elementos traços.

Estudos com minerais orgânicos ou quelatos têm sido desenvolvidos com a finalidade de garantir a absorção do mineral no trato intestinal, sem entrar no processo de competição iônica (pressão iônica da mucosa intestinal), normalmente determinada pela presença de maior concentração dos íons minerais (MORAES *et al.*, 2001).

São denominados quelatos compostos formados por íons metálicos sequestrados por aminoácidos, peptídeos ou complexos polissacarídeos que proporcionam a esses íons alta disponibilidade biológica, alta estabilidade e solubilidade. A palavra "quelatos" vem do grego "*chele*" que significa "*garra*", um termo adequado para descrever a maneira na qual íons metálicos polivalentes são ligados a compostos orgânicos ou sintéticos (MELLOR, 1964).

A "Association of American Feed Control Officials" – AAFCO (1997) define esses produtos minerais orgânicos da seguinte forma:

- Quelato metal-aminoácido: é um produto resultante da reação de um sal metálico solúvel com aminoácidos na proporção molar, isto é, um mol do metal para um a três moles (preferencialmente dois) de aminoácidos na forma de ligação covalente coordenada. O peso molecular médio dos aminoácidos hidrolisados pode ser, aproximadamente, de 150 dáltons e o peso molecular resultante do quelato não deve exceder a 800 dáltons.
- Complexo aminoácido-metal: é um produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com aminoácido(s).

- Metal proteinado: é o produto resultante da quelação de um sal solúvel com uma proteína parcialmente hidrolisada.
- Complexo metal-polissacarídeo: é o produto resultante da complexação de um sal solúvel com polissacarídeo.

Rutz et al. (2007) relatam que existe um maior interesse em se fornecer minerais orgânicos ou fontes quelatadas de minerais traços, frequentemente descritas como proteinatos. Estas fontes são normalmente produzidas após a hidrólise de uma fonte protéica, resultando na formação de um hidrolisado contendo uma mistura de aminoácidos e peptídeos de vários tamanhos. A reação do mineral com o hidrolisado resulta na formação de complexos contendo íons metálicos quelatados.

Alternativamente, os minerais orgânicos podem ser sintetizados através de um processo biossintético. Este é o caso da seleniometionina, uma cultura de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) enriquecida com selênio inorgânico. A semelhança química entre o selênio e o enxofre propicia a incorporação do selênio ao invés do enxofre na metionina ou cisteína pela levedura durante a formação dos compostos celulares. Na forma orgânica, os minerais são absorvidos pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos e não por transportadores intestinais clássicos de minerais. Isto evita a competição entre minerais pelos mesmos mecanismos de absorção. Portanto, esses microminerais tendem a ter uma biodisponibilidade superior, pois na forma orgânica são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos (RUTZ, 2007).

Nesse sentido, o presente trabalho visa dar uma visão geral sobre a suplementação dos microminerais cobre, zinco, ferro, selênio e manganês na sua forma orgânica dando aspectos sobre fisiologia e dados zootécnicos dos animais em questão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os minerais são classificados academicamente em macro e micro-minerais ou elementos traços. Esta classificação está relacionada com as concentrações dos

elementos nos tecidos que, de certa forma, indicam as suas necessidades orgânicas (BERTECHINI, 2006).

Os minerais mais críticos nas rações de aves são o cálcio, fósforo, potássio, sódio, enxofre, cloro e magnésio, também chamados de macro-elementos minerais porque entram em maiores quantidades nas rações.

Alguns minerais entram na formação dos ossos e da casca do ovo, outros são necessários aos processos metabólicos, hormonais e enzimáticos. Os minerais também são importantes na manutenção do balanço ácido-básico (pH) do sangue, na pressão osmótica e balanço da água corporal, na excitação dos nervos e músculos no transporte de nutrientes através de membranas e na regulação da permeabilidade das membranas de vários tecidos, além de fazerem parte da composição de várias enzimas.

O ferro, cobre, iodo, manganês, cobalto e selênio, então presentes em menores quantidades nas dietas de aves e por isso são chamados de microminerais, mas são igualmente essenciais para aves (Quadro 2).

Quadro 1. Microminerais essenciais para aves.

Ferro (Fe)	Transporte de oxigênio e respiração celular.
Zinco (Zn)	Ativador enzimático, principalmente nos processos de formação óssea, do metabolismo dos ácidos nucléicos, do processo da visão, do sistema imunológico e do sistema reprodutivo.
Cobre (Cu)	Ativador enzimático envolvendo o transporte e a transferência de oxigênio, metabolismo dos aminoácidos e do tecido conectivo.
Iodo (I)	Componente dos hormônios tireoidianos.
Manganês (Mn)	Integridade da matriz orgânica óssea e ativador enzimático, sobretudo no metabolismo dos aminoácidos e dos ácidos graxos.
Cobalto	Função anti-anêmica, por ser

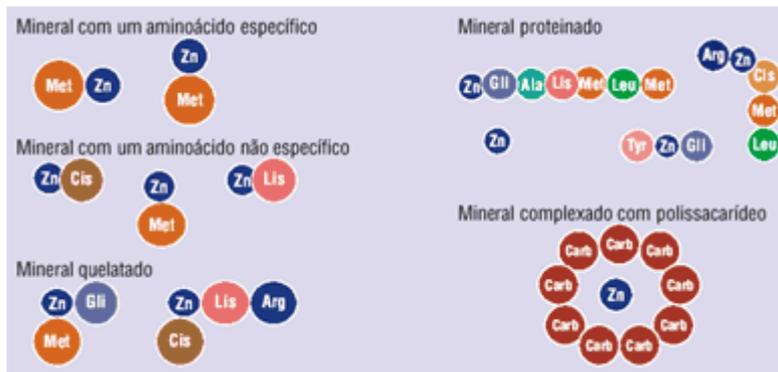
(Co)	componente de vitaminas do complexo B; metabolismo da glicose e síntese da metionina.
Selênio (Se)	Junto com a vitamina E, promove a proteção dos tecidos contra danos oxidativos; componente da enzima glutathiona peroxidase e metabolismo dos aminoácidos sulfurados.

Adaptado de Mcdowell, (1999).

Atualmente temos disponíveis fontes inorgânicas e orgânicas de minerais, os chamados quelatos. Segundo Kratzer e Vohra (1996) o quelato é um complexo metálico, onde o metal apresenta mais ligações do que sua valência. E este é ligado a um ligante doador. O complexo possui um átomo de mineral no centro da molécula e um ligante ao seu redor. Quando o ligante possui mais de um átomo doador o complexo se torna um anel heterocíclico que é o anel quelato. Esses quelantes têm o papel de aumentar a absorção e a disponibilidade desse mineral no organismo, além de aumentar a sua estabilidade física reduzindo assim a tendência do micromineral de separar-se do alimento.

Os minerais quelatados são definidos por Leeson e Summers (1997) como sendo uma mistura de elementos minerais que são ligados a algum tipo de carreador o qual pode ser um aminoácido ou polissacarídeo que possuem a capacidade de ligar o metal por ligações covalentes através de grupamentos amino ou oxigênio, formando assim uma estrutura cíclica (Figura 1).

Figura 1. Formas dos minerais quelatados



Fonte: Polli (2002)

Junqueira, (2008) descreve algumas definições usuais, sobre fontes de minerais orgânicos ou quelatados, como sendo:

- ✓ Agentes Quelatantes: deve possuir pelo menos dois grupos, cada um capaz de doar um par eletrônico e localizar uma estrutura anelar, que é formada com um átomo de metal.
- ✓ Agentes Sequestrantes: agente que produz um complexo de metal solúvel.
- ✓ Ionofóros (íon detentor): compostos que interagem com pequenos cátions para transporte através de barreira lipídica das membranas celulares.
- ✓ Proteínatos: são produtos resultantes da quelação de um sal solúvel com aminoácidos ou proteína parcialmente hidrolisada. Os proteínatos são disponíveis com cobre, cobalto, ferro, manganês e zinco.
- ✓ Quelato Aminoácido Metal: produto resultante de um íon metal de um sal solúvel com aminoácido. Quando usados como um ingrediente alimentar é chamado quelato metal aminoácido. São disponíveis na forma de zinco, cobre ferro, manganês, cobalto cálcio e magnésio.
- ✓ Complexo Metal – Aminoácido: produto resultante conjuntamente de um sal solúvel com a metionina.

Absorção de Microminerais

As fontes minerais, mais comumente utilizadas na nutrição animal são as inorgânicas (óxidos, sulfatos, cloretos, carbonatos e fosfatos). Quando estas fontes

chegam ao estômago, ocorre uma dissociação das moléculas, liberando os íons metálicos como Zn^{++} , Mn^{++} , etc. (POLLI, 2002).

No intestino, o transporte dos íons para o interior das células dá-se pela difusão passiva ou pelo transporte ativo, ou seja; para que esses íons sejam absorvidos, e atinjam a corrente sanguínea, órgãos e tecidos, eles necessitam estar atrelados a um agente ligante ou molécula transportadora, que permita a passagem através da parede intestinal. 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).

Na tentativa de aumentar a disponibilidade para o animal, uma suplementação extra de minerais pode causar efeitos prejudiciais, como diarreia e desequilíbrios, que podem levar a redução da biodisponibilidade de outros minerais, além de não melhorarem sua concentração no sangue e causarem poluição ambiental. Um exemplo disso é o que ocorre com o sulfato de manganês, cuja disponibilidade é baixa, e, quando se aumenta a inclusão deste na dieta o problema é solucionado, mas causa efeito negativo na disponibilidade do fósforo, cálcio e ferro (LEESON E SUMMERS, 1997).

Gorniak (2003) ressaltam que o desbalanço entre um determinado elemento pode acarretar sérios transtornos nutricionais. A análise desta interação, bem como dos locais de absorção, transporte e metabolismo, criam e acrescentam complexidade no tocante ao estudo dos nutrientes. Alguns elementos como cálcio e molibdênio podem interferir na absorção e atividade de outros minerais, outros podem ser tóxicos quando consumidos em valores acima das exigências, como já relatado para cobre, selênio, flúor, carbono, arsênico. Neste sentido, o cobre e o flúor acumulam-se no sangue das aves, visto que essas não são capazes de excretá-los, resultando em toxicidade para esses animais (BAIÃO *et al.* 2005).

Segundo Henry (2000), há várias maneiras em que as relações antagônicas podem ocorrer dentro do trato gastrointestinal. A mais simples envolvem uma reação química formando um complexo insolúvel entre os minerais, como o cobre e o enxofre, para formar sulfeto de cobre ou de um mineral e outro componente da dieta, como o zinco combinado com o ácido fítico para formar fitato. Elementos minerais também

podem ser adsorvidos na superfície das partículas coloidais, assim como manganês e ferro na superfície de sais de magnésio ou de alumínio. A concorrência entre os minerais como cobalto e ferro pelos transportadores na parede intestinal também foi observado. Finalmente, alguns íons, incluindo boro e chumbo têm efeitos inibitórios sobre processos como a fosforilação oxidativa na parede intestinal ou na atividade de algumas enzimas que interferem com a discriminação dos ingredientes e liberação de íons inorgânicos para a absorção. A ênfase corrente na literatura científica sobre produção animal nos Estados Unidos, no tocante a interações minerais traço, tem levado em conta o efeito da enzima fitase e o fósforo orgânico na utilização do ferro, zinco e cobre.

Experimentos que investigam a interação entre cobre e molibdênio também têm sido também relatados nos últimos anos. É provável que, futuramente, a maior parte das pesquisas com minerais esteja direcionada para as funções metabólicas de elementos, com auxílio de técnicas da biologia molecular, em detrimento de ensaios de alimentação com animais (HENRY, 2000).

Por sua vez, os minerais quelatados apresentam absorção superior aos inorgânicos, pois, geralmente, usam as vias de absorção das moléculas orgânicas que os ligam, o que faz com que não tenham problemas de interações com outros minerais. A absorção dos minerais quelatados pode ocorrer sob duas formas: o mineral pode ser ligado à borda em escova sendo absorvido pela célula epitelial ou como ocorre na maioria das vezes onde o agente quelante é absorvido levando junto a si o metal (KRATZER E VOHRA, 1996).

Segundo Kratzer e Vohra (1996) o mecanismo pelo qual o agente quelante melhora a utilização do mineral, depende da capacidade do ligante seqüestrar o mineral, ou de sua habilidade em competir com outros ligantes, formando complexos solúveis com o mineral.

Para Clydesdale (1998) um ligante forma um composto solúvel com o mineral sendo com isso melhor absorvido pela mucosa intestinal. Conforme Spears (1996) o ligante pode formar um complexo estável no trato intestinal, evitando com isso que o mineral forme complexos insolúveis, dificultando a sua absorção.

No caso dos aminoácidos quelatados, o elemento mineral metálico na molécula é quimicamente inerte por causa da forma de ligação. Esta ligação é estável, não sofrendo dissociação das moléculas quando atingem o estômago.

A disponibilidade dos minerais quelatados é superior, em muitas vezes, a 90%. Já os suplementos minerais, que não tem molécula transquelatada, são absorvidos em média de 10 a 18% pelos animais. Como ocorre uma melhoria na biodisponibilidade dos elementos minerais, através da proteção aos efeitos adversos presentes no trato gastrintestinal, os minerais quelatados proporcionam maior rapidez na absorção (KIEFER, 2005).

Biodisponibilidade Biológica de Fontes Minerais

As fontes minerais utilizadas nas rações são, geralmente, oriundas de compostos inorgânicos, de origem geológica ou industrial, estes compostos são comumente utilizados para confecção de rações na forma natural ou através de misturas minerais (premix), a fim de suplementar os minerais deficientes em matérias primas.

Os valores das fontes de minerais usadas na alimentação animal, nas formas inorgânicas podem variar quanto ao seu valor nutritivo. Portanto, a escolha de um suplemento ou fonte de mineral a ser utilizada em uma ração, depende do custo por unidade dos elementos requeridos, das formas químicas em que os elementos são combinados, das formas físicas, especialmente o tamanho das partículas e, sobretudo, da garantia de ausência de substâncias tóxicas para os animais (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Para Veiga & Cardoso (2005), existe uma grande variedade de compostos inorgânicos com a finalidade de suplementação em rações, e a proporção do composto a ser utilizado depende da biodisponibilidade do elemento (Tabela 3). A disponibilidade biológica refere-se àquela porção do nutriente que é efetivamente utilizada pelo animal, sendo expressa em porcentagem do contido no alimento (NUNES, 1995).

A biodisponibilidade de minerais traço é definida como a fração do nutriente ingerido que é absorvido e subsequentemente utilizado por funções normais do organismo. Para alguns dos elementos há a incorporação em várias metaloproteínas, tal como Fe na hemoglobina. A maioria dos elementos são partes integrantes de um amplo

espectro de sistemas enzimáticos, por exemplo, o Se na glutathiona peroxidase. (FAIRWEATHER-TAIT, 1996).

Segundo Leeson (2003), parece ser difícil prever com qual acurácia a biodisponibilidade de minerais traços em dietas contendo suplementos inorgânicos. Estes dados não são de grande preocupação desde que a solução tem sido a sobressuplementação contendo minerais inorgânicos. Entretanto, se não há necessidade de minimizar a excreção de minerais traços, então precisamos ter grande confiança na biodisponibilidade de reduzida. Neste contexto, os proteínatos podem ter um uso maior, desde que a biodisponibilidade seja mais consistente. Proteínatos são quelatos de proteínas/aminoácidos contendo minerais, em que a biodisponibilidade é próxima a de aminoácidos (90-95%). Minerais quelatados usualmente contém dipeptídeos, trípeptídeos ou proteínas com a intenção de aumentar a digestibilidade e disponibilidade do mineral sequestrado pelo ligante.

Uma maior biodisponibilidade aumenta a vida útil das aves, pois os minerais orgânicos exercem funções extremamente variadas no organismo, tais como: participação na formação do tecido conjuntivo, manutenção da homeostase dos fluídos orgânicos, manutenção do equilíbrio da membrana celular, ativação das reações bioquímicas através da ativação de sistemas enzimáticos, entre outras (BOIAGO et al., 2007).

Esses minerais usam as vias de absorção das moléculas as que estão ligados. Isto faz com que eles não tenham problemas de interações com outros minerais. Na formulação de uma mistura mineral, o elemento quelatado pode substituir integral ou parcialmente o elemento inorgânico (JUNQUEIRA, 2008).

Quadro 3. Percentual de fontes de microminerais e sua disponibilidade relativa.

Elemento	Fonte	% do elemento na fonte	Biodisponibilidade
Cobalto	Carbonato de cobalto	46,0-55,0	-
	Sulfato de cobalto	21,0	-
	Cloreto de cobalto	24,7	-
Cobre	Sulfato de cobre	25,0	Alta
	Carbonato de cobre	53,0	Intermediária
	Cloreto de cobre	37,2	Intermediária
	Oxido de cobre	80,0	Baixa
Ferro	Nitrato de cobre	33,9	Intermediária
	Oxido de ferro	46,0-60,0	Não-disponível
	Carbonato de ferro	36,0-42,0	Baixa
	Sulfato de ferro	20,0-30,0	Alta
Iodo	Iodato de cálcio	63,5	Alta
	Iodato de potássio estabilizado	69,0	Alta
	Iodeto de cobre	66,6	Alta
	Etilenodiamino dihidriodeto	80,0	Alta
Manganês	Sulfato de manganês	27,0	Alta
	Oxido de manganês	52,0-62,0,0	Intermediária
Selênio	Selenito de sódio	40,0-45,6	Alta
Zinco	Carbonato de zinco	52,0	Alta
	Cloreto de zinco	48,0	Intermediária
	Sulfato de zinco	22,0-36,0	Alta
	Oxido de zinco	46,0-73,0	Alta

Fonte: Veiga & Cardoso (2005)

Kiefer (2005) realata que a biodisponibilidade dos minerais na forma quelatada é dependente de três condições básicas na estrutura do composto:

✓ Da forma de ligação com o metal - Nos quelatos formados com dois ou três aminoácidos, o íon metálico fica inerte na molécula, entrando com facilidade nas vias metabólicas, pois assume a característica da molécula orgânica;

✓ Do peso molecular do quelato - O baixo peso molecular é a chave para a absorção como molécula intacta. Se o peso molecular de um quelato for maior do que 800 dáltons, certamente sofrerá prévia hidrólise na luz do trato digestivo e a absorção pela mucosa não será garantida (AAFCO, 1997);

✓ Da constante de estabilidade do quelato - Deve ser constituído de dois ou três anéis de aminoácidos quelantes para serem estáveis. Se a constante de estabilização dos aminoácidos é grande, estes irão resistir à ação de peptidases que quebram as ligações peptídicas internas, liberando o átomo de metal na molécula.

Há grandes evidências que minerais quelatados parecem ser mais biodisponíveis que minerais inorgânicos, sendo este fato observado pela maior concentração do mineral

nos tecidos e no sangue (SECCHINATO, 2006). Entretanto a literatura diverge quanto essa afirmação. Em experimento realizado por Huang (2009) com fontes orgânicas de zinco (Zn), demonstrou que a disponibilidade de zinco em fontes orgânicas pode variar entre 73,4-121% variando com a força de quelante da molécula, tomando como base o sulfato de zinco com biodisponibilidade de 100%. Nollet et al. (2008) suplementaram frangos de corte por 42 dias utilizando INORG100% (15ppm de sulfato de cobre, 45ppm de óxido de Mn, 45ppm de sulfato ferroso, 45ppm de sulfato de zinco) como controle positivo e 5 tratamentos com BIOPLEX® nas doses de 17, 33, 50, 67 e 100%. Concluíram que o uso de BIOPLEX® em níveis moderados (50 e 67%) durante as três primeiras semanas levaram a um melhor desempenho que o controle positivo INORG100%.

Utilização dos Minerais Quelatados

Segundo Vieira (2008), os minerais traços têm sido tradicionalmente, suplementados na avicultura através da utilização de fontes salinas, cujo custo é geralmente muito baixo. Fontes salinas não são frequentemente alvo de críticas técnicas quanto à sua qualidade, especialmente porque elas são necessárias em quantidades muito baixas e são encontrados como componentes de ingredientes para alimentação animal. São considerações importantes quando suplementar microminerais a sua disponibilidade variável, assim como a presença de contaminantes. Por exemplo, óxido de zinco e sulfato de cobre são fontes comumente utilizadas na alimentação animal, mas como eles são frequentemente derivados de resíduos da indústria do aço, potencialmente eles podem carrear altos níveis de contaminantes como o cádmio e o flúor, que vão para as rações. Dentro disso, a regulamentação dos mercados, tais como os emitidos pela União Européia (CCE, 1999), tem acrescentado novas preocupações na produção de carne de frango com limitações em termos de metais pesados e outros contaminantes nos alimentos para animais. Devido este impacto somado com a excreção de minerais na cama de frango, existe um aumento nos estudos dos últimos anos para aperfeiçoar a utilização dos minerais traços pelos animais e reduzir a excreção no ambiente.

Uma maior conscientização da potencial poluição mineral tem estimulado discussões sobre como reduzir os níveis de suplementação mineral na nutrição de

animais de produção com ações que não comprometam a saúde animal e o desempenho produtivo. O uso de minerais organicamente complexados em premixes tem sido sugerido como uma solução para este problema, com base na hipótese de que os minerais quelatados têm uma maior biodisponibilidade do que sais inorgânicos. Isto implica que os minerais orgânicos podem ser adicionados a uma concentração muito mais baixa na dieta do que minerais inorgânicos, sem qualquer efeito negativo sobre o desempenho produtivo e potencialmente reduzir a excreção de minerais (NOLLET, 2007).

Bao *et al.* (2007) testaram a suplementação de fontes orgânicas de manganês, cobre, ferro e zinco em dietas deficientes nesses microminerais e concluíram que a suplementação de minerais orgânicos foi eficiente em garantir os parâmetros de desempenho e com uma razoável excreção dos minerais traços no ambiente.

Nollet *et al.*(2007) suplementaram Mn, Zn, Fe e Cu nas formas orgânicas para frangos de corte em menores níveis do que a dieta controle composta por minerais inorgânicos. Os autores obtiveram excreções de 46, 63, 73 e 55% menores, respectivamente, comparadas com dietas suplementadas com minerais inorgânicos.

Os trabalhos correntes da literatura sugerem um aumento no desempenho dos animais de produção com o uso dos minerais quelatados que serão tratadas no tópico seguinte.

Desempenho de Animais Alimentados com Minerais Orgânicos

Segundo Reddy *et al.* (1992), as formas orgânicas aumentam a biodisponibilidade dos minerais em relação às formas inorgânicas, o que pode trazer benefícios, tais como: maior taxa de crescimento, maior ganho de peso, maior produção de ovos, melhora na qualidade de carne e ovos, redução da taxa de mortalidade e redução do efeito do estresse.

Conforme Patton (1997), os estudos com minerais quelatados sugerem que o uso destes produtos deve ter uma visão diferenciada, pois a simples observação da digestibilidade e absorção através da parede intestinal podem não estar exercendo os questionamentos corretos, e desta forma deve ser avaliado o que ocorre após a absorção

sob o ponto de vista metabólico. Na realidade, a determinação das exigências de nutrientes está diretamente relacionada com o tipo de resposta observada. Ganho de peso e conversão alimentar são as medidas tradicionais de investigação das exigências para os macronutrientes. Entretanto, quando se trata de micronutrientes que estão envolvidos em funções específicas, a nível celular, estas medidas nem sempre são as melhores.

Zinco

A importância do zinco como nutriente foi demonstrada em 1934 por Todd, que estudou a necessidade de zinco (Zn) para o crescimento e sanidade de ratos e camundongos. Em 1940, Kelvin e Mann isolaram e purificaram a anidrase carbônica que catalisa a quebra do ácido carbônico em $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ e mostraram que essa enzima continha 0,33% de zinco. A anidrase carbônica também atua na calcificação dos ossos e na formação da casca do ovo. Altas concentrações dessa enzima foram encontradas na glândula da casca e oviduto de galinha (LEESON & SUMMERS, 2001).

Torres (1969) ressaltam outras funções importantes do Zn como: fixação de cálcio sob a forma de carbonato de cálcio nos ossos e ovos além da ativação de sistemas enzimáticos, mas o excesso de Zn pode diminuir atividade de outras enzimas como citocromo oxidase, catalase e enzimas ferrosas.

O zinco (Zn) atua como ativador de vários sistemas enzimáticos, participando do processo de secreção hormonal, especialmente os relacionados ao crescimento, reprodução, imunocompetência e estresse. O Zn atua também na síntese de queratina, colágeno e no metabolismo de ácidos nucleicos (RUTZ, 2007).

Lonnerdal em 2000 relata que mais de 70% da absorção de zinco ocorre no intestino delgado quando não há interferência de outros constituintes da dieta. Hidrolases proteicas e alguns aminoácidos, particularmente histidina e cisteína, aumentam absorção fracional de zinco. A presença de fitato na dieta diminui a absorção de zinco. Altas ingestões de minerais concorrentes como cálcio ou outros minerais bivalentes parecem não afetar a absorção de zinco significativamente (KOHLMEYER, 2001).

O órgão envolvido na regulação homeostática do Zn é o trato intestinal, a excreção endógena é um mecanismo rápido e a absorção é um mecanismo de resposta lenta com capacidade de lidar com maiores intervalos de flutuações no teor de Zn da dieta (SECHINATO, 2003).

O tecido ósseo e muscular contém a maior parte do zinco corpóreo e estes possuem a capacidade de reter e acumular o excedente de zinco e liberá-lo quando em escassez na dieta. Entretanto, o zinco ligado a metalotioneína é mais rapidamente liberado (KOHLMEYER, 2001).

Zinco Orgânico

Com relação a trabalhos com formas quelatadas, Ferker *et al* (1992) suplementaram perus com zinco-metionina e manganês-metionina, o que resultou em melhora da conversão alimentar, reduziu a mortalidade e os problemas de anormalidades de penas. As dietas continham minerais em níveis considerados adequados (80 ppm de zinco e 120 de manganês na forma de sulfatos), mas responderam positivamente quando 20 e 40 ppm de zinco-metionina e manganês-metionina foram suplementados. Por outro lado, Pimentel *et al.* (1991) estudando o zinco, em frangos, verificaram que não há diferença entre o zinco-metionina e o óxido de zinco sobre a taxa e crescimento, níveis de zinco, cobre ou ferro na tíbia e fígado ou função imune. Entretanto, Ao *et al.*(2009) realizaram estudo avaliando diferentes formas de Zn e Cu, inorgânica e orgânica no período de 21 dias. As inclusões dos minerais orgânicos foram menores do que o tratamento controle, suplementado com minerais inorgânicos. A suplementação de Zn e Cu orgânicos aumentou o ganho de peso, consumo e melhoraram a conversão alimentar das aves. A conversão alimentar foi menor para dietas contendo minerais orgânicos comparativamente às dietas suplementadas com minerais inorgânicos. As quantidades de Zn na tíbia e plasma aumentaram e houve um decréscimo na concentração de cobre no fígado. Os autores concluíram que além de melhorar os parâmetros zootécnicos, a suplementação desses minerais na forma orgânica não apresentou antagonismo, diferentemente do que ocorre com minerais inorgânicos.

Pesquisas de longa duração a respeito do uso de fontes minerais orgânicas são limitadas, especialmente para reprodutoras pesadas. Em estudos de curta duração Barber et al. (2002) não encontraram resposta com a suplementação de 150 ppm de zinco a partir de sulfato, ou então, uma mistura entre sulfato e zinco-aminoácido. Estas dietas, entretanto, foram utilizadas apenas de 21 a 43 semanas de idade. Já com estudos de maior duração, Hudson et al. (2004a) observaram uma melhora geral da qualidade de casca de ovos incubáveis, especialmente no início da produção, quando reprodutoras, consumindo dietas contendo complexo zinco-aminoácido e sulfato de zinco produziram 3,6 pintinhos a mais do que aquelas consumindo apenas zinco-aminoácido. Este complexo era composto de uma mistura de quelatos entre zinco e aminoácido. Contudo, em outro trabalho Hudson et al. (2004b) não observaram diferenças no tempo de incubação, peso de pintinho e peso de órgãos à eclosão quando foram comparados tratamentos similares àqueles recém-citados por Hudson et al. (2004a). A suplementação de manganês na forma de complexo aminoácido, para reprodutoras pesadas, reduziu a mortalidade inicial de pintinhos, sem afetar, entretanto, as características relacionadas à carcaça (VIRDEN ET AL., 2003). Recentemente, Tako et al. (2004) observaram que a injeção de zinco-metionina em ovos, aos 17 dias de incubação, determinou a melhoria do desenvolvimento morfológico e da atividade de enzimas e transportadores das células da mucosa de frangos de corte à eclosão.

Os efeitos de zinco sobre a imunidade são bastante conhecidos (CHEVALIER ET AL., 1996). O complexo zinco-metionina pode ser mais disponível que as fontes inorgânicas de zinco e também pode ser absorvido de forma intacta, desta forma alterando o equilíbrio deste mineral no organismo. Independentemente do mecanismo, há uma melhora de algumas funções celulares relacionadas à resistência a doenças, quando zinco-metionina é adicionada a dieta das aves ou mesmo quando este é passado das reservas maternas da matriz para o pintinho (KIDD ET AL., 1996).

A suplementação de dietas contendo níveis adequados de minerais na forma inorgânica com zinco e manganês quelatados com metionina melhorou a função imune de perus (FERKET E QURESHI, 1992). Segundo Hudson et al. (2004a), a resistência a doenças e transmissão de anticorpos a progênie, pode ser melhorada quando reprodutoras pesadas consomem complexo zinco-aminoácido, pois a resposta imune e os anticorpos foram elevados quando comparados aos de aves consumindo dietas suplementadas apenas com sulfato de zinco ou a mistura entre sulfato e complexo

zinco-aminoácido. No trabalho de Virden e colaboradores (2004), estes suplementaram diferentes fontes de Zn e Mn e obtiveram aumento na capacidade funcional do coração e alguma melhora na imunidade da progênie no peso de timo e bursa e número de basófilos. A suplementação de minerais orgânicos aumentou o tamanho do ventrículo esquerdo e septo, junto com seus pesos. Os autores concluíram que a suplementação de Zn e Mn orgânicos nas quantidades testadas melhoram as atividades cardíaca e imunológica.

Além destas funções, o zinco atua na síntese do colágeno como informado anteriormente e a taxa máxima de crescimento ou a eficiência alimentar não está necessariamente correlacionada com a força da pele. A resistência da pele é altamente correlacionado com o conteúdo de um forte, proteína fibrosa (colágeno), que funciona como um elemento estrutural extracelular do tecido conjuntivo. Portanto, a pele com maior teor de colágeno é menos propensa a rasgar. Qualquer fator nutricional que influencia o conteúdo de colágeno da pele, portanto, indiretamente, afetam a susceptibilidade ao rasgo (LEESON, 2005). Zinco, entre outros nutrientes, desempenha um papel na síntese de colágeno e, portanto, este resultado de deficiências de nutrientes em menor produção de colágeno da pele. Além disso, Zn participa na síntese de queratina e ácido nucleico da pele (CLOSE, 1999). Assim, Zn participa na manutenção da qualidade da pele (DOWS, 2000).

Rutz (2006) trabalharam com a suplementação de zinco para frangos de corte com o objetivo de reduzir a incidência de celulite. Estes observaram que a resistência ao corte pode ser observada em tratamentos suplementados com Zn orgânico. Os autores concluíram que apesar de não obter resposta para os parâmetros zootécnicos houve aumento da resistência ao corte nas aves suplementadas em níveis de 45 ppm e, por conseguinte, melhora na qualidade da carcaça.

Ferro

Underwood (1999) relata que o ferro foi relacionado com distúrbios no sangue já no século XVI, entretanto as bases fisiológicas dessa relação foram propostas em 1886 por Zinoffsky que demonstrou que a hemoglobina possuía 0,335% de ferro.

O ferro é essencial como cofator do transporte de oxigênio, respiração, aminoácidos, lipídeos, álcool, vitamina A, metabolismo do enxofre, e várias outras funções de oxi-redução (KOHLMEYER, 2001).

Leeson e Summers (2001) afirmam que o ferro é essencial no metabolismo celular, um exemplo é a mioglobina que é necessária para o funcionamento muscular, incluindo o músculo cardíaco, o qual possui prioridade no aporte de suprimento de ferro diário, e que no organismo o ferro representa cerca de 0,005% do peso corporal sendo que 57% deste se encontra na forma de hemoglobina e 7% na forma de mioglobina.

Segundo Underwood (1999), nos monogástricos a absorção é afetada por: idade e status do ferro no organismo, condições do trato intestinal, particularmente no 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 ferro. A absorção de ferro nos monogástricos é afetada pela presença de outros metais divalentes na dieta, tais como: cobre, manganês, cobalto, cádmio, os quais podem competir pelo sítio de absorção do ferro.

A absorção do ferro pelo lúmen intestinal utiliza ao menos três diferentes rotas, uma pela ligação heme-ferro através de um amplo e desconhecido caminho, outra pelo transportador de óxido ferroso (transportador de íon metálico bivalente – DMT1), e outro para a forma trivalente via beta 3-integrina-mobilferrina. As contribuições relativas das duas rotas sem heme permanecem incertas. A absorção é mais efetiva no duodeno, ligeiramente menor no restante do intestino delgado e menor ainda no cólon (KOHLMEYER, 2001).

O ferro é pode ser armazenado principalmente nas formas de ferritina e hemosiderina. A ferritina não funciona apenas como transportador mas também no armazenamento de ferro contendo mais de 20% da reserva do corpo. A hemossiderina é a mais predominante forma de armazenamento, esta contém cerca de 35% das reservas de ferro (UNDERWOOD, 1999).

Ferro Orgânico

É reconhecido que a retenção do corpo de Zn, Fe, Mn e Cu para frangos de corte são baixa, com 6, 10, 0,2 e 6%, respectivamente. Estes valores estão de acordo com cálculos feitos anteriormente por Van der Klis (1999), que concluiu que 22% Zn, 15% Fe, 0,6% Mn, Cu e 5%, respectivamente, foram retidos pelos frangos de corte durante um período de seis semanas de crescimento (LEESON, 2005).

Portanto, estudos com ferro orgânico têm sido realizados em detrimento do seu acúmulo no tecido animal e em ovos, muito importantes para enriquecer os alimentos para a alimentação humana. Skrivan (2005) realizaram trabalho com a suplementação de Zn, Cu e Fe orgânico. Com a suplementação dos três microminerais Zn, Cu e Fe, os autores perceberam aumento na retenção de ferro na gema e clara em 36,7 e 34,9%, respectivamente. Suplementado sozinho, o aumento foi de apenas 6,3% e 2,2%.

Seo (2007) avaliaram a retenção de ferro no músculo de 250 frangos utilizando ferro-metionina. e verificaram diferentes níveis de Fe em determinados grupos musculares. O fígado contém aproximadamente 10 vezes mais ferro do que a musculatura da coxa que contém três vezes mais ferro do que a musculatura do peito e asa. Neste trabalho, a concentração de ferro no fígado foi influenciada pela fonte e níveis, sendo maiores para elevados níveis de suplementação e pela tipo de fonte. A ferro-metionina demonstrou uma maior retenção de ferro do que os demais tratamentos sendo que na quantidade de 200ppm obteve-se as maiores concentrações. Na musculatura da coxa, a Fe-metionina foram significamente maiores que os outros tratamentos com ferro. A vermelhidão dos músculos e uma maior retenção de cobre foram observadas pelos autores. Os mesmos concluíram que o quelato de Fe-metionina é recomendado para um maior enriquecimento da carne de frango.

Quanto a parâmetros produtivos, Sechinato e colaboradores (2006) suplementaram poedeiras no período de 48 a 60 semanas com diferentes fontes de microminerais comparando com minerais orgânicos. A suplementação de ferro orgânico teve resposta negativa para a massa de ovos produzida não obtendo diferença significativa nos demais parâmetros produtivos avaliados. Bao (2007) suplementaram Fe, I, Cu, Mn, Zn e obtiveram melhora no desempenho dos frangos avaliados. Neste

experimento de 21 dias deste autor, houve melhora na conversão alimentar, ganho de peso e consumo.

Selênio

O micromineral selênio é cofator de enzimas e proteínas com vital importância na defesa antioxidante, função nos hormônios da tireoide e insulina, regulação do crescimento celular e manutenção da fertilidade (KOHLMEYER, 2001).

O selênio (Se) pode ser encontrado com frequência em associação com enxofre em compostos orgânicos e inorgânicos devido suas propriedades similares ao enxofre e telúrio. As formas comuns do selênio são ácido selênico, ácido selenoso, selenatos e selenitos. Algumas plantas e microorganismos têm mostrado a habilidade em reajustar o enxofre na cisteína e metionina com o selênio, produzindo seleniocisteína e seleniometionina (LEESON & SUMMERS, 2001).

O Se na forma orgânica de seleniometionina é absorvido pelo trato digestivo através de mecanismo ativo semelhante ao da absorção da metionina, enquanto o Se inorgânico e a seleniocisteína não são ativamente transportadas (UNDERWOOD, 1999).

Uma das principais funções do selênio é a participação do elemento na enzima glutatona peroxidase que oxida a glutatona e destroem peróxidos, isso previne o ataque de peróxidos aos ácidos graxos poliinsaturados presentes nas membranas lipídicas. O selênio age otimizando a vitamina E, pois o selênio preserva a atividade do pâncreas que participa da digestão de lipídeos contribuindo para a absorção da vitamina E. A glutatona peroxidase, pela sua função, reduz o requerimento de vitamina E (LEESON & SUMMERS, 2001).

Davis e Fear (1996) mostraram a importância do selênio na produção de ovos, uma vez que ocorre uma relação linear entre o selênio da dieta e o selênio presente nos ovos.

Selênio Orgânico

Trabalhos relatando a concentração de selênio no ovo são muito encontrados na literatura. Payne (2005) realizaram trabalho avaliando diferentes fontes de selênio e sua concentração no ovo. Os autores perceberam que a suplementação da forma quelatada de selênio aumentaram o peso do ovo. Os níveis de Se *in ovo* aumentaram nas duas fontes, mas com a forma quelatada houve uma maior concentração. Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho de Reis (2009) que avaliaram a adição de selenito de sódio contra Zn-L-Se metionina. Estes perceberam que no primeiro momento do experimento houve aumento na produção de ovos, não sendo encontrado no segundo momento do experimento. Os autores verificaram aumento na concentração de selênio nos ovos, indiferentemente da fonte. Comparando tratamentos, aumentos progressivos da concentração de Zn-L-Se metionina no ovo foram observados quando da suplementação desta molécula. Pappas (2005) estudaram os efeitos da inclusão de Se variando fonte e nível com adição de ácidos graxos poliinsaturados (óleo de peixe). Estes encontraram que a concentração de Se na gema foi maior em tratamentos que receberam as menores dosagens de Se. A presença de ácidos graxos diminuiu o tamanho do ovo e espessura de casca, entretanto a presença do Se na dieta diminuíram estes efeitos. Altos níveis de Se resultaram em maior aparecimento de Se na clara e gema. A eclodibilidade diminuiu conforme o aumento de ácidos graxos poliinsaturados. Resultados estes confirmados por Richards (1997) que relata que a concentração de formas organicamente complexadas são maiores em conteúdo total no ovo do que formas não-quelatadas. Utterback (2005) não obteve melhora nos parâmetros zootécnicos de poedeiras no seu estudo. Estes concluíram que a forma quelatada aumenta a concentração de Se no ovo, o que confere um alimento de maior qualidade.

Paton (2002) realizaram trabalho avaliando a eclodibilidade de pintinhos e quantidade de Se no ovo de matrizes suplementadas com o quelato de Se. Matrizes suplementadas com quelato de selênio apresentaram maior concentração de Se *in ovo* do que matrizes suplementadas com selenito de sódio. As maiores concentrações de Se foram observadas dos dias 10-15 de incubação no embrião. Estes resultados demonstram que há uma mudança na absorção deste micromineral neste período de incubação, percebido pelo aumento da atividade da enzima glutatona peroxidase.

Upton (2009) estudaram o efeito da glutatona peroxidase sobre nove dietas iniciais suplementadas com Se variando fonte (orgânica e inorgânica) em dietas com níveis graduais de gordura peroxidada. A presença de gordura peroxidada na ração das

matrizes aumentou a mortalidade na terceira semana de incubação e a eclodibilidade foi afetada negativamente. Um aumento na enzima glutathiona peroxidase é observado quando há efeito de peroxidação no fígado e a suplementação da forma orgânica foi eficaz em reduzir os níveis da enzima citada, quando comparada com a forma inorgânica.

No tocante do desempenho de frangos de corte existem vários trabalhos que relatam que a suplementação de quelatos de Se não obtém melhora no desempenho do frango em parâmetros como rendimento de carcaça, conversão alimentar, ganho de peso e consumo. Entretanto é consenso que há uma maior biodisponibilidade do quelato nas rações e que estas aumentam sua concentração na carne de frango (PAYNE, 2005; YOON, 2007; RYU, 2005). Este aumento na carne resulta em um produto de maior qualidade final para o consumidor.

Manganês

Underwood (1999) afirma que apesar do manganês (Mn) ser amplamente distribuído no organismo, ele é encontrado em baixas concentrações nas células e tecidos, mas ele é necessário para o desenvolvimento normal dos ossos e para a manutenção do processo reprodutivo em machos e fêmeas.

O manganês é responsável pela ativação de várias enzimas, entre elas estão as quinases, hidrolases, transferases e descarboxilases (UNDERWOOD, 1999).

O osso é a fonte mais rica em manganês no organismo das aves, com cerca de 3 a 4 µg/g de tecido, seguido pelo fígado com 2 µg/g (LEESON & SUMMERS, 2001).

A absorção do manganês pelo trato intestinal é pobre, sendo questionável o quanto do Mn presente nos alimentos é disponível para a ave. A absorção e excreção parecem ser dependentes da formação de um quelato natural especialmente com sais biliares. Mudanças marcantes têm sido notadas na distribuição do Mn no organismo com o uso de quelatos artificiais (LEESON & SUMMERS, 2001).

A excreção ocorre principalmente pelas fezes na forma de sais biliares, a taxa de excreção do Mn é afetada pela concentração desse elemento a dieta e parece não ser influenciado por outros íons da dieta e por mudanças no equilíbrio do equilíbrio ácido-básico (LEESON & SUMMERS, 2001).

Uma função específica do Mn na síntese do mucopolissacarídeo da cartilagem foi demonstrada por Leach e Muenster em 1962 (UNDERWOOD, 1999).

O Mn está envolvido na síntese da matriz orgânica da cartilagem epifiseal. O Mn ativa o grupo de enzimas glicosiltransferases que são necessárias para a síntese de sulfato de condroitina, o qual é componente da molécula de proteoglicana que por sua vez é um constituinte extracelular da cartilagem e que contribui para que as zonas de crescimento resistam a cargas compressivas (LEACH, 1986).

Leach e Gross (1983) descreveram defeitos na casca do ovo de galinhas com deficiência de Mn, observaram que o ovo apresentava um menor peso da casca com formato mais circular com áreas translúcidas. A deficiência de Mn também diminuiu a produção de ovos.

O manganês também é necessário para a fosforilação oxidativa na mitocôndria, para a síntese de ácidos graxos e incorporação de acetato no colesterol (LEESON & SUMMERS, 2001).

Manganês Orgânico

Uma grande preocupação dos nutricionistas está na viabilidade, taxas de crescimento e deposição de gordura em frangos. Como o Mn está envolvido diretamente nestes quesitos, trabalhos são realizados para melhorar o desempenho do frango atual. Virden e colaboradores (2003) avaliaram a suplementação de Zn e Mn nas formas orgânicas no desempenho de frangos de crescimento rápido. Estes concluíram que a suplementação de Zn e Mn orgânicos melhoraram a viabilidade dos animais testados sem interferir nas taxas de crescimento e rendimento de carcaça de frangos. Sands (1999) trabalharam com a suplementação de proteínato de Mn sobre o desempenho de frangos submetidos a estresse calórico. Os autores concluíram que a adição deste suplemento melhorou a conversão alimentar, ganho de peso e deposição de gordura quando comparado com a dieta controle, sem o suplemento e em estresse calórico.

Muitos trabalhos reportam melhora no desempenho reprodutivo de machos suplementados com manganês na forma inorgânica. Entretanto, existe pouca literatura acerca deste assunto com minerais orgânicos, devendo este ser mais estudado futuramente.

CONCLUSÃO

O uso de minerais orgânicos ainda encontra muitas restrições quanto ao seu uso devido ao seu alto custo, entretanto pode ser percebido que há, em sua maioria, aumento

da biodisponibilidade o que reduz a inclusão destes na dieta. Como visto neste trabalho, esses minerais estão sendo cada vez mais estudados devido ao tamanho potencial que eles apresentam e devido a grande pressão que os países importadores fazem no tocante poluição ambiental.

Os microminerais orgânicos já possuem uma grande gama de resultados, muitos positivos e outros contraditórios, mas em sua maioria são promissores no que se refere a nutrição de aves.

Apesar de necessitar mais estudos, podemos dizer que seu uso em escala industrial se tornará uma realidade em pouco tempo. A melhora na produção destas moléculas viabilizará seus custos e maximizará o desempenho dos animais a campo, fazendo que com expressem seu grande potencial maximizando os ganhos das empresas inseridas no contexto avícola.

BIBLIOGRAFIA:

AO, T., PIERCE, J. L., POWER, R., PESCATORE, A. J., CANTOR, A. H., DAWSON, K. A., FORD, M. J. Effects of feeding different forms of zinc and copper on

the performance and tissue mineral content of chicks. **Poultry Science**, 2009, 88: 2171-2175

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

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIAL (AAFCO). **Official Publication**. Atlanta, 1997.

BAIÃO, N. C.; LÚCIO, C. G. Nutrição de Matrizes pesadas. In: Marcos Macari, Ariel Antônio Mendes. (Org.). **Manejo de Matrizes de Corte**. Campinas: Facta, 2005, v., p. 197-212.

BERTECHINI A.G. 2006. **Nutrição de monogástricos**. 1. ed. Lavras - MG: Ed. ufla, v. 1. 302 p.

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

CEC - Council Directive 1999/29/EC on the undesirable substances and products in Animal nutrition. Official Journal of the European Communities 1999; 29(L115):32-46.

CLOSE, W. H. Organic minerals for pigs: An update. in Biotechnology in the Feed Industry. **Proc. Alltech's 15th Ann. Symp.** T. P. Lyons and K. A. Jacques, ed. Nottingham Univ. Press, UK. Pages 51–60.1999.

DOWNS, K. M., J. B. HESS, K. W. MACKLIN, AND R. A. NORTON. 2000. Dietary zinc complexes and vitamin E for reducing cellulitis incidence in broilers. **J. Appl. Poultry. Res.** 9:319–323.

DOZIER, W. A., A. J. DAVIS, M. E. FREEMAN, AND T. L. WARD. 2003. Early growth and environmental implications of dietary zinc and copper concentrations and sources of broiler chicks. **British Poultry Science**. 44:726–731.

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

FERKET, P.R., QURESHI, M.A. Effect of level of inorganic and organic zinc and manganese on the immune function of turkey toms. **Poultry Science**, v.71(Suppl.1), p.60. 1992.

Henry, P.; Miles, R. INTERACTIONS AMONG THE TRACE MINERALS. **Ciência Animal Brasileira**, América do Norte, 123 10 2006.

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

HUANG et al. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths.... **Journal of Animal Science**..2009; 87: 2038-2046

JUNQUEIRA O.M. 2008. **Nutrição animal – Quelatos na alimentação animal – Boletim técnico**. Acessado em: 13/09/2009. Online. Disponível na internet: http://www.pedrovet.com.br/trabalhosC/Quelatos_na_Alimentacao.doc

KIEFER, C.. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, p. 215 - 236 14 jun. 2005.

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

KRATZER, F.H., VOHRA, P. **Chelates and chelation**. In: KRATZER, F.H., VOHRA, P. Chelates in nutrition. Boca Raton, Florida: CRC Press, p.5-33. 1996.

LARSON, C.K. **Role of trace minerals in animal production**. Annals of the Nutrition Conference of Animal Science. University of Tennessee, 2005.

LEESON, S., SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2^a Edition. Guelph, Ontario: University Books, 1997. p.57-58.

LEESON, S., AND J. D. SUMMERS. **Commercial Poultry Nutrition**. Univ. Books, Guelph, Ontario, Canada.2005.

LEESON, S., SUMEERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4^a Edition. Guelph, Ontario: University Books, 2001. 591p.

LEESON, S. **Trace mineral requirements of poultry—Validity of the NRC recommendations**. In Re-defining Mineral Nutrition. J. A. Taylor-Pickard and L. A. Tucker, ed. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK. 2005.

LEESON, S. **A new look at trace mineral nutrition of poultry: Can we reduce the environmental burden of poultry manure?** In: Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proc. Alltech's 19th Annu. Symp. T. P. Lyons and K. A. Jacques, ed. Nottingham Univ. Press, Nottingham, UK. Pages 125–129. 2003.

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

NUNES, I.J. **Nutrição animal básica**. Belo Horizonte: 1995.334p.

NOLLET, L., VAN DER KLIS, J. D., LENSING, M., SPRING, P. The Effect of Replacing Inorganic With Organic Trace Minerals in Broiler Diets on Productive Performance and Mineral Excretion. **J APPL POULT RES** 2007 16: 592-597

NOLLET, L., HUYGHEBAERT, G., SPRING, P. Effect of Different Levels of Dietary Organic (Bioplex) Trace Minerals on Live Performance of Broiler Chickens by Growth Phases. **J. Appl. Poult. Res.** 17:109–115. 2008

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

PAYNE, RL, SOUTHERN, LL. Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poult Sci** 2005 84: 898-902

PAPPAS, A. C., ACAMOVIC, T., SPARKS, N. H. C., SURAI, P. F., MCDEVITT, R. M. Effects of Supplementing Broiler Breeder Diets with Organoselenium Compounds and Polyunsaturated Fatty Acids on Hatchability. **Poult Sci** 2006 85: 1584-1593

PATTON, R. **Efficacy of chelated minerals: review of literature.** Proceedings of the Second Conference of the Nutrition Advisory Group of the American Zoo and Aquarium Association on Zoo and Wildlife Nutrition. Texas, EUA, p.14-31. 1997.

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

POLLI, S.R. Boletim Informativo **.Nutron Pet**, n.4, 2002. Disponível em: <http://www.animalworld.com.br/vet/ver.php?id=190>. Acessado em 14/10/2009

RICHARDS, MP. Trace mineral metabolism in the avian embryo. **Poult Sci** 1997 76: 152-164

RYU, YC, RHEE, MS, LEE, KM, KIM, BC. Effects of different levels of dietary supplemental selenium on performance, lipid oxidation, and color stability of broiler chicks. **Poult Sci** 2005 84: 809-815

ROSSI, P., RUTZ, F., ANCIUTI, M. A., RECH, J. L., ZAUK, N. H. F. Influence of Graded Levels of Organic Zinc on Growth Performance and Carcass Traits of Broilers. **J APPL POULT RES** 2007 16: 219-225

SANDS, J. S., SMITH, M. O. Broilers in Heat Stress Conditions: Effects of Dietary Manganese Proteinate or Chromium Picolinate Supplementation. **J APPL POULT RES** 1999 8: 280-287

SECHINATO A.S., ALBUQUERQUE R., NAKADA S. Efeito da suplementação dietética com micros minerais orgânicos na produção de galinhas poedeiras. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.** 43:159-166. 2006.

SPEARS, J.W. **Optimizing mineral levels and sources for farm animal.** In: KORNEGAY, E, T. Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment. New York: CRC Press, 1996. p.259-275.

SEO S. H. ; LEE H. K. ; AHN H. J. ; PAIK I. K. The Effect of Dietary Supplementation of Fe-methionine Chelate and FeSO₄ on the Iron Content of Broiler Meat. **Asian-australasian journal of animal sciences**, vol. 21, n^o1, pp. 103-106. . 2008

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. **Poult Sci** 2005 84: 1570-1575

REDDY A.B., DWIVED J.N., ASHMEAD A.D. 1992. **Mineral chelation generates profit.** *Misset-World Poultry* 8:13-15.

Richards, M. P. Trace mineral metabolism in the avian embryo. **Poult Sci** , 76: 152-164. 1997.

RUTZ, F., PAN, E. A., XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld.** In: <http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/141>. 2007. Acessado em: 06/09/2009.

UPTON, J. R., EDENS, F. W., FERKET, P. R. The effects of dietary oxidized fat and selenium source on performance, glutathione peroxidase, and glutathione reductase activity in broiler chickens. **J APPL POULT RES** 2009 18: 193-202

UTTERBACK, PL, PARSONS, CM, YOON, I, BUTLER, J. Effect of supplementing selenium yeast in diets of laying hens on egg selenium content. **Poult Sci** 2005 84: 1900-1901

UNDERWOOD EJ, SUTTLE NF. **Mineral nutrition of livestock.** New York: CAB International; 1999.

VAN DER KLIS, J.D. Factors affecting the absorption of minerals from the gastrointestinal tract of broilers .In Proc. **8th Eur. Symp. Poult. Nutr.** WPSA, Bologna, Italy. . 1999.

VEIGA J.B., CARDOSO E.C. Criação de gado leiteiro na zona bragantina. 2005. Versão Eletrônica. Acessado: 13 setembro de 2009. Online. Disponível na internet: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/paginas/apresentacao.htm>

VIEIRA, SL. Chicken embryo utilization of egg micronutrients. **Rev. Bras. Cienc. Avic.**, Campinas, v. 9, n. 1, Mar. 2007.

VIEIRA, SL. Chelated minerals for poultry. **Rev. Bras. Cienc. Avic.** [online]. 2008, vol.10, n.2, pp. 73-79..

VIRDEN, WS, YEATMAN, JB, BARBER, SJ, WILLEFORD, KO, WARD, TL, FAKLER, TM, WIDEMAN, RF, JR, KIDD, MT. Immune system and cardiac functions of progeny chicks from dams fed diets differing in zinc and manganese level and source. **Poult Sci** 2004 83: 344-351

VIRDEN, W. S., YEATMAN, J. B., BARBER, S. J., ZUMWALT, C. D., WARD, T. L., JOHNSON, A. B., KIDD, M. T. Hen Mineral Nutrition Impacts Progeny Livability. **J APPL POULT RES** 2003 12: 411-416

YOON, I., WERNER, T. M., BUTLER, J. M. Effect of Source and Concentration of Selenium on Growth Performance and Selenium Retention in Broiler Chickens. **Poult Sci** 2007 86: 727-730