

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**COMISSÃO DE ESTÁGIO**

**UTILIZAÇÃO DE MINERAIS QUELATADOS NA AVICULTURA**

**RAFAEL STORTTI PERUZZOLO**

**PORTO ALEGRE**

**2010/2**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**COMISSÃO DE ESTÁGIO**

**UTILIZAÇÃO DE MINERAIS QUELATADOS NA AVICULTURA**

**Autor: Rafael Stortti Peruzzolo**

**Orientador: Prof. Dr. Sergio Luiz Vieira**

**Co-orientador: Msc. André Favero.**

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

**PORTO ALEGRE**

**2010/2**

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Viviane e Marcos, por basicamente tudo. Foram eles os grandes professores da minha vida. Ensinaram-me a ter caráter, força e perseverança para buscar meus objetivos. Antes de me formar como médico veterinário, eles me formaram como um homem, e sou eternamente grato a todas as lições. Na honra de minha formatura como profissional, são eles que levam todos os méritos. Obrigado por tudo, queridos pais.

Agradeço também a minha irmã, Amanda, e ao meu irmão, Daniel. Apesar de todas as brigas, irmãos serão para sempre irmãos. Obrigado pelos momentos de união e apoio, Amanda. Dani, tu ainda és muito novo para entender ou expressar longas frases de declarações. Entretanto, sei que isso não é necessário para nós. Nossa conexão vai além disto. Obrigado pelas conversas sobre desenhos animados e pelos jogos de vídeo game. E por ser para sempre meu irmãozinho.

A minha vó Ivete, que sempre ajudou não só a mim, mas como a todos lá de casa. Obrigado por todos domingos à noite em sua casa. Assim como meus pais, ajudou a formar meu caráter, e isto jamais esquecerei.

Aos queridos colegas, que fizeram com que cada segundo dentro da faculdade fosse não só de aprendizagem, mas como de profunda alegria. Impossível nomear todos, injusto nomear só alguns. Mas todos sabem quem são, e têm meu profundo agradecimento.

A toda equipe do Aviário, por todo trabalho, competência e pela diversão. Uma equipe difícil de encontrar igual. Em especial, ao meu orientador, professor Sergio Luiz Vieira, e ao coorientador André Favero, pela ajuda na execução deste trabalho.

À faculdade de veterinária e a UFRGS por me proporcionar um ensino de excelente qualidade durante todos estes anos.

Por fim, à empresa Globoaves pela oportunidade de realizar um excelente estágio. Agradeço a todos os funcionários e profissionais que me acolheram, em especial a Fernando César Belinato, pela orientação e ensinamentos, e ao grande amigo de longa data, Fabrício Imperatori, por todas as conversas e pela confiança.

## Resumo

Para oferecer uma nutrição apropriada, é necessário que o animal receba quantidades adequadas de nutrientes, tais como proteínas, carboidratos, lipídeos, vitaminas e minerais. Os últimos podem ser divididos em macrominerais, que são oferecidos em grande quantidade na dieta e microminerais, que são necessários em pequenas quantidades no organismo. Tradicionalmente, os nutricionistas utilizam-se de minerais em sua forma inorgânica para atender as exigências minerais das aves, principalmente por seu baixo custo. Entretanto, quando em sua forma ionizada os minerais podem se complexar com outros componentes da dieta, tendo sua absorção dificultada. Em vista disto, recentemente a utilização de minerais quelatados na avicultura tem aparecido como uma alternativa muito promissora. Devido à sua maior biodisponibilidade, as aves ingerem menos minerais, conseqüentemente excretando-os em menor quantidade, diminuindo assim o impacto ao meio ambiente. Por isso, a utilização de minerais quelatados surge como uma forte tendência, despertando crescente interesse de pesquisadores nos últimos anos. Um experimento ainda em andamento realizado no Aviário de Ensino e Pesquisa da UFRGS visa avaliar o desempenho reprodutivo de matrizes de corte, assim como a qualidade esquelética de sua progênie, em reprodutoras recebendo suplementações de Cu, Mn e Zn quelatados associados à sua forma inorgânica. Espera-se que as matrizes que receberem estes minerais na sua forma quelatada apresentem maior produtividade, com maior concentração destes minerais no albúmen e gema dos ovos, melhorando assim a eclodibilidade e qualidade de pintos, que deverão ter um melhor desenvolvimento esquelético embrionário e pós-eclosão.

Palavras-chave: Minerais Quelatados, Matrizes de Corte, Avicultura

## **Abstract**

To provide a proper nutrition, it is necessary that the animal receives adequate amounts of nutrients such as proteins, carbohydrates, lipids, vitamins and minerals. The last one can be divided into macro minerals, which are offered in large quantities in the diet, and trace minerals, which are needed in small amounts in the body. Traditionally, nutritionists use minerals in its inorganic form to attend the mineral requirements of poultry, mainly for its low cost. However, when in their ionized form, minerals may complex with other dietary components, difficulting their absorption. Because of this, recently the use of chelated minerals in poultry has emerged as a promising alternative. Due to this factor, the birds eat less minerals, therefore excreting them in smaller quantities, thus reducing the impact to the environment. Therefore, the use of chelated minerals emerges as a strong trend, attracting increasing interest from researchers in recent years. An experiment conducted in “Aviário de Ensino e Pesquisa – UFRGS”, still in progress, aims to evaluate the reproductive performance of broiler breeders, as well as the skeletal quality of their progeny in breeding receiving supplemental Cu, Mn and Zn chelated related to its inorganic form. It is expected that broilers who receive these minerals in chelated form have higher productivity, greater concentration of these minerals in the albumen and yolk of eggs, thus improving the hatchability and quality of chicks, which would have a better skeletal development and post-embryonic hatching.

**Key words:** Chelated Minerals, Breeder, Poultry

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	Porcentagem
ATP	Trifosfato de Adenosina
Ca	Cálcio
Cl	Cloro
Co	Cobalto
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de Variação
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
Fe	Ferro
h	horas
I	Iodo
K	Potássio
kg	quilograma
m	metros
mg	miligramas
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Na	Sódio
P	Potássio

pH           Potencial Hidrogeniônico

ppm          Partes por Milhão

RNA          Ácido Ribonucleico

S             Enxofre

Se            Selênio

Zn            Zinco

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Diferenciação estrutural dos minerais quelatados.....	19
---	----



## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b> – Macrominerais essenciais para aves.....	16
<b>Tabela 2</b> – Microminerais essenciais para aves.....	17
<b>Tabela 3</b> - Caracterização dos tratamentos experimentais.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Formação dos Minerais Quelatados.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Absorção de Minerais.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 Biodisponibilidade .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4 Utilização de minerais quelatados na avicultura .....</b>	<b>22</b>
<b>2.5 Zinco .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6 Manganês .....</b>	<b>25</b>
<b>2.7 Cobre .....</b>	<b>26</b>
<b>2.8 Ferro .....</b>	<b>27</b>
<b>2.9 Selênio.....</b>	<b>28</b>
<b>3 EXPERIÊNCIA VIVENCIADA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Introdução .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Objetivos .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Metodologia .....</b>	<b>34</b>
3.3.1 Instalações .....	34
3.3.2 Manejo das Reprodutoras Pesadas .....	34
3.3.3 Dietas Experimentais .....	36
3.3.4 Variáveis Avaliadas .....	36
3.3.5 Incubações e Avaliação Esquelética dos Embriões.....	37
3.3.6 Avaliação Esquelética da Progenie Pós-Eclosão .....	38
<b>3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....</b>	<b>38</b>
3.4.1 Reprodutoras Pesadas .....	38

3.4.2 Incubação e Desenvolvimento Embrionário .....	39
<b>3.5 Resultados e Discussão.....</b>	<b>39</b>
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Uma nutrição adequada é fundamental para otimizar o metabolismo e maximizar o desempenho das aves. Para isso, 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 (SECHINATO, 2006). Os minerais são considerados nutrientes essenciais, que são aquelas substâncias necessárias para o funcionamento normal do organismo, mas que não podem ser sintetizadas ou são sintetizadas em quantidades insuficientes para o perfeito funcionamento metabólico das aves. Os minerais são divididos em macrominerais, que devem ser oferecidos em grandes quantidades e microminerais, que são necessários em pequenas quantidades no organismo.

Alguns minerais atuam 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 (ARAÚJO *et al.*, 2008).

Tradicionalmente, os minerais são incluídos nas dietas em sua forma inorgânica, ou seja, associados a sais inorgânicos como sulfatos, cloretos, carbonatos e óxidos. Durante o processo de digestão, os íons minerais oriundos das fontes inorgânicas são liberados e podem ser recombinados com outros componentes da dieta na luz intestinal formando complexos insolúveis que são excretados via fecal. Desta forma, o grau de disponibilidade dos minerais na dieta depende da quantidade de complexos moleculares formados na luz intestinal. Tendo em vista esta incerteza na biodisponibilidade às aves, os níveis de minerais fornecidos nas dietas são frequentemente superiores aos mínimos exigidos para otimizar o desempenho, resultando em excesso de fornecimento.

Além disto, o custo destes sais inorgânicos são baixos e sua quantidade na ração é baixa, o que leva estas fontes de sais a não serem frequentemente sujeitas à avaliação de sua qualidade. Disponibilidade variável, assim como presença de contaminantes são considerações importantes que devem ser tomadas na suplementação mineral. Por exemplo, óxido de zinco e sulfato de cobre são fontes comumente usadas na alimentação animal, mas como são frequentemente derivados de resíduos da indústria do aço, têm o potencial de levar contaminantes como cádmio e flúor às rações (VIEIRA, 2008).

Para amenizar o problema e propiciar melhor metabolismo e desempenho dos animais, cada vez mais tem sido desenvolvidos estudos com minerais quelatados, também chamados de orgânicos. A utilização destes tem como finalidade garantir a absorção do mineral no trato intestinal, sem entrar no processo de competição iônica (devido à pressão iônica da mucosa intestinal) normalmente determinada pela presença de maior concentração dos íons minerais. Esta competição por carreadores iguais ou similares é a maior fonte de interferência no transporte dos metais do lúmen intestinal aos enterócitos (HILL; MATRONE, 1970). O interesse no uso dos minerais quelatados também é estimulado por resultados de pesquisas que demonstram uma melhora no crescimento, reprodução e sanidade de animais, alimentos com minerais quelatados (JUNQUEIRA, 2008).

Outro importante aspecto para o uso de minerais quelatados é que ele pode reduzir a poluição ambiental, principalmente em casos onde os minerais são usados em níveis mais altos, como acontece com o cobre que pode ser usado como promotor de crescimento em suínos e aves. O uso de 62,5 ppm de cobre na forma de complexos de polissacarídeo possui o mesmo efeito de uma suplementação de 200 ppm de sulfato de cobre em rações de aves e suínos (PAIK, 2001).

Os minerais quelatados são definidos por Lesson e Summers (2001) como sendo uma mistura de elementos minerais que são ligados a algum tipo de carreador, o qual pode ser um aminoácido ou polissacarídeo, que possui a capacidade de se ligar ao metal por ligações covalentes, através de grupamentos aminos ou oxigênio, formando assim uma estrutura cíclica. Ensminger e Oldfield (1990) relatam que 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 se separar do alimento.

Em uma revisão, Miles e Henry (2000) estabeleceram uma série de hipóteses, fizeram várias assertivas e levantaram uma série de questionamentos sobre minerais quelatados:

- A estrutura em anel protege o mineral de reações químicas indesejáveis no trato gastrintestinal.
- Quelatos passam facilmente através da parede intestinal para a corrente sanguínea.
- A absorção passiva é aumentada ao reduzir a interação entre minerais e outros nutrientes.
- O mineral é oferecido ao animal da mesma forma que é encontrado no corpo.
- Os quelatos são absorvidos através de vias diferentes da dos minerais inorgânicos.
- Cada mineral no quelato facilita a absorção de outros minerais no quelato.
- Os quelatos carregam uma carga negativa, de forma que são absorvidos e metabolizados mais eficientemente.
- A quelação aumenta a solubilidade e o movimento através membranas celulares.
- A quelação aumenta a absorção passiva ao aumentar a solubilidade do mineral na fase aquosa e lipídica.
- A quelação aumenta a estabilidade a um baixo pH.
- Os quelatos são absorvidos pelo mecanismo de transporte dos aminoácidos.

Desta forma, este trabalho visa levantar a questão da suplementação nas dietas de frangos com microminerais quelatados e suas influências no desempenho zootécnico dos animais, quando comparadas às tradicionais dietas utilizando minerais inorgânicos. Apesar de ainda não estarem sendo utilizados comercialmente em larga escala e os

estudos sobre eles ainda serem escassos, é possível encontrar na literatura muitos indícios de que os minerais orgânicos podem contribuir muito para o desenvolvimento das aves. O presente trabalho também relata a experiência vivenciada durante a graduação, com um estudo sobre a utilização de Zn, Mn e Cu quelatados em matrizes de corte, avaliando sua produção de ovos, ovos incubáveis, qualidade e espessura de casca, assim como a composição mineral da clara e albúmen dos ovos e os efeitos dos tratamentos na eclodibilidade, mortalidade embrionária e qualidade dos pintinhos gerados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os minerais são classificados academicamente em macrominerais e microminerais 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). Estes elementos estão envolvidos em um grande número de funções metabólicas. Os macrominerais (enxofre, cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro e magnésio) estão envolvidos, em sua grande maioria, em funções estruturais ou fisiológicas. Já os microminerais ou elementos traço (ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo, flúor, estanho, sílica, vanádio e arsênico) possuem funções metabólicas, dentre elas a resposta imune, reprodução e crescimento (KIEFER, 2005). Sua ação primária é a de catalistas em sistemas celulares enzimáticos. Nestes, os minerais agem principalmente em associações com proteínas como proporção fixa de metalenzimas em que a interação entre minerais e enzimas melhora as atividades catalíticas das mesmas (VIEIRA, 2008).

Os macrominerais mais críticos nas rações de aves são o cálcio, fósforo, potássio, sódio, enxofre, cloro e magnésio, e são assim chamados porque entram em maiores quantidades nas rações. (**Tabela 1**).

**Tabela 1** – Macrominerais essenciais para aves

<b>Minerais</b>	<b>Funções</b>
Cálcio (Ca)	Formação de ossos e das cascas dos ovos; excitação muscular, sobretudo cardíaca; coagulação sanguínea; integridade da membrana celular e transmissão nervosa.
Fósforo (P)	Formação óssea e da casca dos ovos; constituição da molécula de DNA e RNA, formação de fosfolipídios; formação da coluna, participando assim na transmissão dos impulsos nervosos; atividade enzimática, sobretudo como coenzima de vários complexos da vitamina B e fosforilação para a formação de ATP.
Potássio (K)	Balanco osmótico e hídrico corporal; participação no metabolismo protéico e dos carboidratos; integridade da atividade muscular e nervosa.
Sódio (Na)	Regulador do volume dos fluidos do corpo, pH e as relações osmóticas do organismo; participa das contrações das células musculares; inibição de enzimas da mitocôndria no meio extracelular; absorção e transporte dos nutrientes para as células; participa da estrutura dos ossos e componente de produtos.
Enxofre (S)	Metabolismo e síntese protéica; metabolismo das gorduras e dos carboidratos e síntese de vitaminas do complexo B.
Cloro (Cl)	Manutenção da pressão osmótica e do equilíbrio ácido-básico; transmissão de impulsos nervosos; transporte ativo dos aminoácidos e da glicose em nível celular e principal ânion do suco gástrico como parte do ácido clorídrico, ativação da amilase intestinal.
Magnésio (Mg)	Atividade neuromuscular e nervosa; transferência de energia; participação no crescimento ósseo; participação no metabolismo dos carboidratos e participação no metabolismo dos lipídeos.

Adaptado de McDowell (1999).

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



**Tabela 2** – Microminerais essenciais para aves

<b>Minerais</b>	<b>Funções</b>
Ferro (Fe)	Transporte de oxigênio e respiração celular.
Zinco (Zn)	Ativador enzimático, principalmente nos processos de formação óssea, do metabolismo dos ácidos nucleicos, 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 (Co)	Função anti-anêmica, por ser 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 glutatona peroxidase e metabolismo dos aminoácidos sulfurados.

Adaptado de McDowell (1999).

Ao alcançarem o trato gastrointestinal, os minerais devem ser inicialmente solubilizados para liberarem íons e serem absorvidos. No entanto, estando na forma iônica (minerais inorgânicos) os minerais podem se complexar com outros componentes da dieta (ex.: minerais, proteínas, carboidratos), dificultando a absorção ou, se completamente complexado, tornando-os indisponíveis aos animal. Tendo em vista estas incertezas, os níveis de minerais fornecidos nas dietas são frequentemente superiores aos mínimos exigidos para otimizar o desempenho, resultando em excesso de fornecimento (RUTZ *et al*, 2007).

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, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente transportados para os tecidos, onde permanecem armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos (RUTZ *et al*, 2007).

## 2.1 Formação dos Minerais Quelatados

Os quelatos são o resultado de um compartilhamento de elétrons entre um metal e um ligante. Um ligante é geralmente um ânion ou uma molécula que possui um átomo ou um par de elétrons com valências disponíveis. Os ligantes mais comuns contêm oxigênio, nitrogênio, enxofre, halogênios, ou uma combinação destes devido à sua estrutura eletrônica. Os minerais quelatos têm ligantes não-metálicos e, portanto, orgânica. Átomos, que são capazes de doar seus elétrons, são chamados de átomos doadores. Ligantes com apenas um átomo doador são chamados monodentados, enquanto aqueles com dois ou mais são chamados polidentados. Só os últimos são capazes de formar quelatos, uma vez que podem vincular um metal dentro de seus “dentes de elétrons” (VIEIRA, 2008).

A palavra "quelato" vem do grego "chele" que significa "garra ou pinça", um termo adequado para descrever a forma pela qual os íons metálicos polivalentes são ligados aos compostos orgânicos ou sintéticos (MELLOR, 1964). Quando tais ligantes se unem a íons metálicos através de dois ou mais átomos doadores, o complexo formado contém um ou mais anéis heterocíclicos contendo um átomo metálico. Aminoácidos são exemplos de ligantes bidentados que se ligam a íons metálicos através de um oxigênio do grupo carboxílico e do nitrogênio do grupo amino. Por outro lado, o ácido etilaminotetraacético (EDTA) é um exemplo de um ligante hexadentado, que contém seis átomos de carbono. Os quelatos que contém 5 anéis são os que apresentam maior estabilidade (RUTZ; MURPHY, 2009).

A "Association of American Feed Control Officials" – AAFCO (2000) define esses produtos minerais quelatados, ilustrados em suas diferentes formas na **figura 1**, da seguinte maneira:

- 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

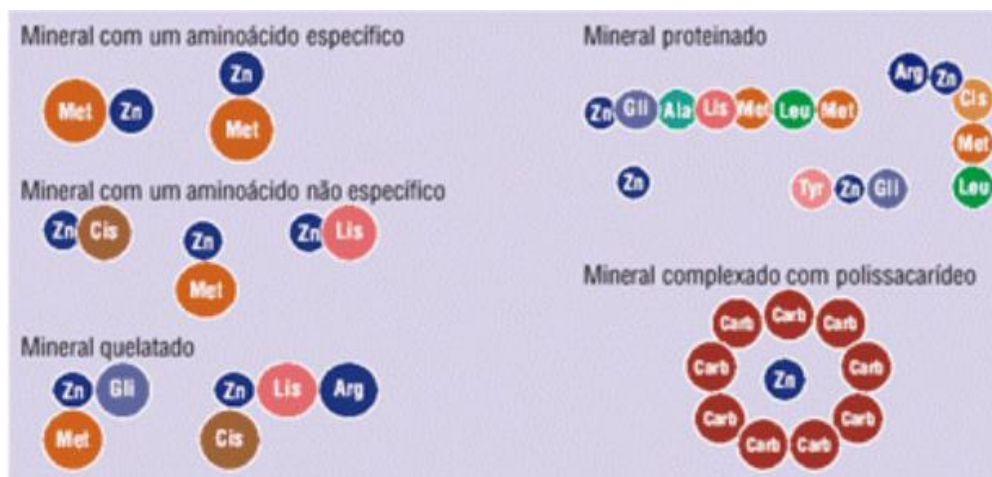
ligação covalente coordenada. O peso molecular médio dos aminoácidos hidrolisados pode ser, aproximadamente, de 150 dáltons e o peso molecular resultante do quelato não deve exceder a 800 dáltons;

- Complexo aminoácido-metal: produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com aminoácido(s);

- Metal (Complexo aminoácido específico-metal): produto resultante da complexação de um sal metálico solúvel com um aminoácido específico;

- Metal proteinado: produto resultante da quelação de um sal solúvel com uma proteína parcialmente hidrolisada;

- Complexo metal-polissacarídeo: produto resultante da complexação de um sal solúvel com polissacarídeo.



**Figura 1** – Diferenciação estrutural dos minerais quelatados (POLLI, 2002).

## 2.2 Absorção de Minerais

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, 2005).

A competição é especialmente acirrada entre os íons minerais Cu, Zn, e Fe, que disputam a mesma via de absorção. Deste modo, uma dieta com altos níveis de cobre pode bloquear a absorção do Zn e do Fe, levando a deficiência destes últimos. Outros exemplos são o ácido fítico e fosfatos, que podem reduzir ou inibir a disponibilidade de minerais (CABELL E EARLE, 1965; VOHRA *et al*, 1965). O cálcio diminui a absorção de cobre e zinco (LOWEL *et al*, 1994; WEDEKIND *et al*, 1994), cobre e molibdênio também são antagônicos, enquanto que ferro e manganês competem por mecanismos de absorção semelhantes. Outros fatores interferem na absorção dos sais minerais, como por exemplo, o álcool, a gordura e a fibra que formam compostos insolúveis, indisponibilizando o mineral na forma iônica.

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).

Ainda 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.

### **2.3 Biodisponibilidade**

Polli (2002) e Ammerman *et al* (1995) definiram a biodisponibilidade de um nutriente como sendo a fração do nutriente ingerido que é absorvido, ficando disponível a ser utilizados pelo metabolismo do animal. Desta forma, fatores físico-químicos que reduzem a absorção de minerais do lúmen intestinal influenciam a biodisponibilidade mineral (Dreosti, 1993).

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 (MILES E HENRY, 2000).

De acordo com Junqueira (2008), a associação de minerais com compostos orgânicos, presentes nos alimentos, afeta a disponibilidade destes minerais para o organismo animal. A disponibilidade dos minerais quelatados é superior a 90%, enquanto que nos inorgânicos varia de 10% a 18%.

Esta maior disponibilidade das formas orgânicas podem 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 (REDDY *et al*, 1992).

Em geral a biodisponibilidade dos minerais na forma quelatada é dependente de três condições básicas na estrutura do composto (KIEFER, 2005):

- 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, 2000);
- 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 (ASHMEAD, 1993).

## **2.4 Utilização de minerais quelatados na avicultura**

Devido aos fatores anteriormente descritos, o interesse na utilização de minerais quelatados tem aumentado, sendo possível observar na literatura diversos estudos

realizados com o intuito de avaliar não só a biodisponibilidade destes minerais, como também o desempenho de aves que os recebem como suplementação. Ainda é possível encontrar divergências entre pesquisadores quanto à eficácia dos minerais quelatados. Entretanto, a maior parte deles obteve resultados favoráveis à utilização dos mesmos.

Deyhim e Teeter (1997), demonstraram que o uso de minerais quelatados na dieta de frangos de corte tem reduzido a incidência de ascite de 5 para 2%. Este trabalho também sugere que o uso de alta concentração de vitaminas e a suplementação de minerais inorgânicos em dietas pode potencializar a incidência de ascite.

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 quelatados 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.

Lee et al. (2001) observaram um aumento na concentração sanguínea de cobre e zinco em frangos de corte bem como uma diminuição na concentração desse mineral nas fezes quando foram utilizadas fontes quelatadas dos minerais nas rações, concluindo assim que a suplementação com fontes quelatadas são mais biodisponíveis e podem ser suplementadas em menor concentrações nas dietas quando comparadas com suplementação inorgânica.

Nos itens que seguem, serão discutidos trabalhos referentes a comparações entre a utilização de minerais quelatados específicos com suas formas inorgânicas.

## **2.5 Zinco**

Moreng (1992) observou melhora na resistência a quebra e uma significativa redução dos defeitos de casca quando as aves receberam zinco orgânico, melhora essa que não ocorreu nas aves que receberam a forma inorgânica do produto. Porém, Balnave e Zhang (1993) em trabalho semelhante, concluíram que não houve diferença estatística na forma de suplementação de zinco para galinhas de postura.

Kienholz (1992) demonstrou que o uso de zinco quelatado para aves com estresse devido ao baixo nível de cálcio na dieta (3%), provocou a manutenção do tamanho do ovo quando comparado com o tratamento com mineral inorgânico que ocasionou uma redução no período do estresse. Estes resultados são confirmados por Lundeen (2001) em trabalho semelhante. Este fato poderia talvez ser explicado pela grande quantidade de várias moléculas quelatadas existentes e suas diferenças na biodisponibilidade e estabilidade, bem como no seu metabolismo.

Pimentel *et al.* (1991) não observaram diferença na biodisponibilidade de zinco, na forma de zinco metionina, quando comparado com a forma inorgânica de zinco, entretanto Wedekind *et al.* (1992) realizando estudo sobre a biodisponibilidade de diversas fontes de zinco observou uma biodisponibilidade do zinco de 117%, na forma de zinco metionina, em uma dieta purificada, 177% em uma dieta com soja isolada e 206% em uma dieta composta por milho e soja, comparada com 100% de biodisponibilidade do zinco para o sulfato de zinco. Além disso, observou também melhora na deposição óssea desse mineral para as aves que haviam recebido o zinco na forma de zinco metionina, concluindo que a biodisponibilidade é maior para forma orgânica do que para forma inorgânica do mineral.

Na revisão de Tucker (2008) foi constatado que estudos conduzidos na Rússia comparando diferentes níveis de zinco propiciaram melhor ganho de peso e conversão alimentar quando as aves receberam zinco na forma orgânica. Tucker (2008) também relata um experimento conduzido na Universidade de Kentucky, onde a biodisponibilidade de zinco orgânico foi de 183% (baseado em desempenho) e 157% (baseado em deposição óssea, tomando a tibia como amostra) em comparação com 100% de sulfato de zinco.



Por outro lado, Rossi *et al.* (2007) indicaram que um nível mínimo de 45 ppm Zn orgânico adicionado a uma dieta contendo premix comercial (já com zinco inorgânico) propiciou melhor característica de carcaça (qualidade de pele), mas não no desempenho das aves. Outros estudos com zinco orgânico evidenciaram uma redução de *Escherichia coli* no plasma de perus (KIDD *et al.*, 1994), e uma redução na celulite em frangos (DOWNS *et al.*, 2000).

Sabe-se que o zinco atua na síntese de colágeno, substância que, dentre outras funções, confere à pele maior resistência a lesões. Portanto, a pele com maior teor de colágeno é menos propensa a rasgar. Rutz (2007) 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.

Richards e Dibner (2005) compararam a resistência intestinal e a resposta imune de frangos recebendo dietas contendo sulfato de zinco, zinco-metionina ou zinco quelatado com hidroxianálogo da metionina. Comparativamente a um grupo controle que não recebeu zinco, todas as formas de zinco propiciaram melhora nas condições intestinais, mas aquela ligada ao hidroxí-análogo foi a que propiciou os melhores resultados ao nível do duodeno e jejuno. Entretanto, o grupo controle e aquele que recebeu sulfato de zinco não diferiram significativamente. Já para a resposta imunológica, somente o grupo de aves que receberam zinco quelatado com hidroxianálogo da metionina responderam imunologicamente ao desafio.

## **2.6 Manganês**

Com base na deposição óssea, Baker e Halpin (1987) não observaram diferença na biodisponibilidade relativa de fontes quelatadas e inorgânicas de manganês em

frangos de corte alimentados até o 14º dia. Entretanto, Henry *et al.* (1989) observaram que a biodisponibilidade da fonte orgânica de manganês foi significativamente maior do que as fontes inorgânicas do mesmo (óxido de manganês e sulfato de manganês monohidratado).

Comparando a biodisponibilidade do quelato de manganês 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 a forma de óxido (100%). Ammerman *et al.* (1995) concluíram que a biodisponibilidade relativa para o manganês metionina e manganês proteinado foram de 120 e 110%, respectivamente, quando comparadas ao sulfato de manganês (100%).

Avaliando a biodisponibilidade de várias fontes de manganês, em aves, com e sem stress 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 stress por alta temperatura, concluindo que o quelato pode melhorar a disponibilidade dos minerais quando as aves são submetidas a altas temperaturas.

A suplementação de dietas de perus com zinco-metionina e manganês-metionina resultou em melhora da conversão alimentar, reduziu a mortalidade e os problemas de anormalidades de penas (Ferket *et al.*, 1992). Klecker *et al.* (1997) demonstraram melhora na resistência a quebra de ovos provenientes de galinhas que receberam proteínatos de zinco e manganês em substituição a 20 e 40% das formas inorgânicas presentes nas dietas testadas.

## **2.7 Cobre**

Um aumento na biodisponibilidade do cobre de fontes orgânicas, comparadas às fontes inorgânicas, foi observado por Baker *et al.* (1991) por meio de comparações da quantidade de cobre acumulado no fígado.

Aoyagi e Baker (1993) também demonstraram uma melhor biodisponibilidade do cobre na forma orgânica, principalmente devido à molécula do quelato proteger o mineral contra interações com outras substâncias como a L-cisteína e glutatona reduzida, que são capazes de reduzir a absorção de cobre no intestino.

Em outro estudo, Aoyagi e Baker (1993) concluíram que a biodisponibilidade aparente do quelato de cobre foi de 120% quando comparada à forma inorgânica de sulfato de cobre (100%). Guo et al. (2001) verificaram uma biodisponibilidade de 111 e 109% para cobre lisina e cobre proteinato, respectivamente, quando comparados com o sulfato de cobre (100%).

Richards e Dibner (2005) compararam diferentes formas de cobre na resistência intestinal e na resposta imunológica de frangos recebendo sulfato de cobre, proteinato de cobre, complexo lisina-cobre ou quelato de cobre com hidroxí-análogo da metionina. Os animais foram vacinados contra *E. acervulina* e desafiadas com *E. acervulina* e *E. tenella*. A resistência intestinal foi avaliada no íleo, e todas as formas de cobre melhoraram a resistência intestinal. Entretanto, aquelas que receberam os quelatos de cobre com hidroxí-análogo da metionina apresentaram os melhores resultados. Já para a resposta imunológica, somente as aves que receberam quelatos de hidroxí-análogo da metionina apresentaram melhor resposta imunológica.

## 2.8 Ferro

O ferro na forma quelatada deve ser mais bem estudado, tendo em vista que a absorção do mesmo depende de um processo ativo do qual participam proteínas transportadoras na membrana das células intestinais, e que a reutilização de ferro pelo organismo é um processo bem eficiente. Paik (2001) observou que o uso de formas quelatadas de ferro aumenta em até 20% o conteúdo de ferro da gema do ovo, e segundo este autor, o fator mencionado poderia ser uma boa justificativa para o uso dos quelatos.

Conforme supracitado, poucos estudos foram conduzidos para determinar a biodisponibilidade de fontes orgânicas de ferro para os animais. Spears *et al.* (1992)

comparando fontes de ferro metionina com fontes inorgânicas concluíram por meio da concentração de hemoglobina que a biodisponibilidade do ferro orgânico foi de 180% quando comparado às formas inorgânicas consideradas como 100%.

Seo (2008) 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 por sua vez 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 pelo tipo de fonte. A ferro-metionina demonstrou uma maior retenção de ferro ante os demais tratamentos, sendo que na quantidade de 200ppm foram obtidas as maiores concentrações. Na musculatura da coxa, a Fe-metionina foi significamente maior 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.

## **2.9 Selênio**

O selênio, na forma orgânica de selenometionina é absorvido pelo trato digestivo através de mecanismo ativo, semelhante ao da absorção de metionina, enquanto o selênio inorgânico e o selenocisteína não são ativamente transportados (LEESSON E SUMMERS, 2001). O seleniometionina é rapidamente absorvido e retido no organismo, mas ele é vagorosamente convertido em selenocisteína a qual é necessária para a síntese de proteínas funcionais (UNDERWOOD, 1999).

A biodisponibilidade relativa de selênio, avaliada através da atividade da glutathiona peroxidase, não demonstrou diferença entre fontes orgânicas e o selenito de sódio (AMMERMAN *et al.*, 1995). Contudo, Close (1998) verificou que o selênio orgânico apresenta maior biodisponibilidade (120 a 150%) em relação ao selenito de sódio (100%).

Recentemente, trabalhando com matrizes pesadas, Reis *et al* (2009) compararam a transferência de selênio de origem inorgânica (selenito de sódio) ou orgânica (Zn-L-Se-metionina) para o ovo. Os autores concluíram que a deposição de selênio no ovo era superior quando as aves receberam selênio orgânico. Este efeito contribui para o aumento do número de pintos por matriz recebendo selênio orgânico só ou combinado com zinco e manganês orgânicos (Rutz *et al.*, 2003). Resultados semelhantes foram previamente observados por Paton *et al* (2002), trabalhando com selênio oriundo de Se-levedura. 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 glutathiona peroxidase.

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.

Dentre as pesquisas já desenvolvidas, Surai (2006) sumarizou as vantagens do selênio orgânico para matrizes como melhora na fertilidade, melhora na eclodibilidade e melhora na qualidade do pintinho. Para frangos de corte, o selênio orgânico está associado com maior ganho de peso, melhora na conversão alimentar, redução da mortalidade, redução do gotejamento, aumento do tempo de prateleira, por reduzir a peroxidação lipídica. Para poedeiras, Surai (2006) indica que o selênio orgânico quando oferecido a aqueles animais, em substituição ao selenito, aumenta a concentração daquele mineral em todas as partes do ovo (casca, membranas da casca, membrana perivitelínica, clara e gema) A substituição de selenito de sódio por selênio orgânico

para poedeiras resulta em melhora na conversão alimentar, melhora na qualidade da casca, melhora no tempo de prateleira (ovos), enriquece o ovo com selênio (importante para o processo de comercialização de um ovo nutricionalmente diferenciado).

### **3 EXPERIÊNCIA VIVENCIADA**

Durante a faculdade, tive a oportunidade de participar de uma pesquisa que visa avaliar os efeitos da suplementação dos microminerais quelatados Zn, Mn, Cu e sua associação à constituição dos ovos e tecidos de sustentação, ossos e cartilagens, dos embriões em diferentes fases de desenvolvimento, através de sua suplementação a matrizes de corte. Esta pesquisa é referente ao doutorado de André Favero, executor do projeto sob orientação do Prof<sup>o</sup> Dr. Sergio Luiz Vieira. O estudo é composto de experimentos realizados no Aviário Experimental de Reprodutores da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul – RS e nas instalações do Incubatório do Departamento de Zootecnia da UFRGS em Porto Alegre – RS, e foi iniciado em novembro de 2009, tendo duração estimada em 24 meses.

#### **3.1 Introdução**

Microminerais tais como o Zn, Mn e Cu são essenciais para o desenvolvimento e crescimento de embriões de aves (LEESON E SUMMERS, 2001). As quantidades depositadas no ovo durante o processo de formação depende do tipo e forma química do elemento oferecido à reprodutora. Por exemplo, o cobre é encontrado no albúmem, membranas e casca do ovo enquanto que o zinco é encontrado na gema. Estes microminerais também estão em quantidades importantes na casca dos ovos,

sendo posteriormente envolvidos diretamente na formação esquelética dos embriões (RICHARDS, 1997).

Na produção de matrizes reprodutoras, os nutrientes transferidos pela fêmea ao ovo durante a sua formação no sistema reprodutivo é fundamental para a sobrevivência do embrião. O conhecimento de como a alimentação das reprodutoras influencia o desenvolvimento fisiológico do embrião pode justificar a inclusão de determinados ingredientes na formulação de ração com o intuito de melhora da qualidade de aves de um dia de idade. Os microminerais Zn, Mn e Cu ligados a aminoácidos merecem atenção, pois podem estar envolvidos em uma série de processos bioquímicos essenciais ao crescimento e desenvolvimento, como a formação óssea dos embriões.

Alterações nos membros locomotores de frangos de corte podem estar associadas a desordens metabólicas iniciadas durante o período embrionário. O desenvolvimento esquelético denominado ossificação endocondral é o processo de formação dos ossos a partir de cartilagem pré-existente (PATTEN E CARLSON, 1974). O processo de conversão da cartilagem hialina em esqueleto desenvolve-se durante o período embrionário e finaliza-se após a eclosão. Desta forma, a ossificação endocondral é formada a partir de dois processos: modificação da cartilagem hialina, e posterior invasão de células mesenquimatosas que se diferenciam em osteoblastos (PATTEN E CARLSON, 1974; DIBNER, 2007). Durante o processo de ossificação endocondral, o tecido cartilaginoso é precursor do tecido ósseo. Este tecido sofre vários graus de mineralização, proporcionando rigidez não observada em outros tecidos. O esqueleto dá forma, estrutura e especialmente suporte para os músculos sendo que o crescimento muscular está diretamente relacionado ao tamanho do esqueleto (LEESON E SUMMERS, 1995).

A mineralização do esqueleto inicia-se ao oitavo dia de incubação, sendo a gema a fonte primária de cálcio neste período. Os microminerais Zn, Mn e Cu, estão relacionados ao crescimento proporcional do esqueleto durante a incubação, mas também nas primeiras semanas pós-eclosão da ave. O Zn é um dos constituintes da metaloenzima anidrase carbônica que atua no equilíbrio ácido-básico no organismo e na calcificação óssea (KIDD *et al.*, 1993; 2000). O Mn é ativador metálico das enzimas envolvidas na síntese de mucopolissacarídeos e glicoproteínas que contribuem para a

formação da matriz orgânica dos ossos e da casca dos ovos. Já o Cu, por sua vez, desempenha papel importante na formação óssea, sendo ativador da lisil oxidase, enzima que participa da biossíntese de colágeno. Microminerais podem ser utilizados a partir de sais inorgânicos tais como óxido, sulfato e carbonato. As formas óxido apresentam maior concentração de mineral, porém apresentam, em geral, menor biodisponibilidade quando comparados às demais formas. A variação na biodisponibilidade de microminerais está relacionada com a dissociação dos sais inorgânicos no baixo pH do trato digestório superior (LEESON E SUMMERS, 2005). Quando os minerais alcançam o pH alcalino do duodeno, pode ocorrer a ligação destes íons com outros minerais, nutrientes ou componentes insolúveis tais como fitato e fibra, diminuindo, assim, sua biodisponibilidade.

A taxa de eclosão de ovos em empresas de grande porte, especializadas no processo de produção de pintinhos de um dia dificilmente ultrapassa os 87%. Assim, percebe-se que ainda existe uma margem de 13% para converter os ovos incubados em pintinhos, maximizando a eficiência do processo e aumentando os lucros. Os ovos não eclodidos passam pelo embriodagnóstico, exame que comumente revela grande número de pintinhos com malformações ósseas de bico, cabeça e pernas. Estas malformações podem estar relacionadas à deficiência ou antagonismo entre microminerais ofertados às matrizes, visto que as necessidades nutricionais dos embriões são atendidas por reservas depositadas por elas nos ovos. A produção anual de ovos destinados à produção de pintinhos de corte no Brasil é de mais de 6,5 bilhões (UBA, 2009), sendo assim, uma melhora na eclodibilidade destes ovos resultaria em um aumento significativo no número de pintos viáveis.

No que diz respeito a reprodutoras pesadas, podemos observar uma grande limitação de informações científicas sobre o assunto, e com resultados controversos. Trabalhos científicos com matrizes de corte demandam instalações específicas como matrizeiro, incubatório e fábrica de ração, além de maior mão-de-obra treinada, tudo isto associado ao fato de que possuem um ciclo produtivo e reprodutivo mais longo e oneroso que o exigido por frangos de corte, o que acaba fazendo com que pesquisas com matrizes de corte no Brasil sejam escassas. Por esta razão, é importante valorizar a



oportunidade de realização de um experimento como este, que se propõe a colaborar com a continuidade nos processos de melhoria no desempenho da avicultura no Brasil.

### **3.2 Objetivos**

O objetivo geral do experimento é identificar uma alternativa na suplementação dos microminerais Cu, Mn e Zn, utilizando formas orgânicas que levem a uma melhoria na produtividade de matrizes de corte, assim como na qualidade esquelética da geração F1. Tendo em vista as grandes perdas no processo de incubação e na mortalidade devido a problemas esqueléticos durante a criação de frangos de corte, que pode representar um terço da mortalidade total, há um grande potencial econômico em melhorias neste setor.

Os objetivos específicos podem ser divididos em três partes principais. Em um primeiro momento, são avaliados os efeitos suplementação de zinco, manganês e cobre complexados a aminoácidos ou não em dietas de reprodutoras pesadas sobre a produção de ovos, ovos incubáveis, qualidade e espessura de casca. Em seguida, a composição mineral da clara e albúmen dos ovos também é avaliada para verificar se há correlação com os tratamentos em estudo. Finalmente, são verificados os efeitos dos tratamentos na eclodibilidade, mortalidade embrionária e qualidade dos pintinhos gerados ao avaliar o desenvolvimento esquelético dos embriões em diferentes fases embrionárias e ao nascimento. As incubações são avaliadas às 35, 45, 55 e 65 semanas de idade das reprodutoras.

### 3.3 Metodologia

#### 3.3.1 Instalações

As reprodutoras de corte da linhagem Cobb 500 foram alojadas em 32 boxes de 2,5 x 2,0m, piso de concreto, cobertura de fibrocimento, muretas, telas e cortinas laterais. Os bebedouros são do tipo *nipple*. As aves são alimentadas uma vez por dia através de comedouros específicos tipo calha, com grade, para fêmeas e comedouros específicos, com altura superior, para os machos. Cada unidade experimental possui um ninho composto por oito bocas e forrado com casca de arroz. As lâmpadas são incandescentes, de modo a permitir iluminação de 70 lux no interior da instalação. As aves chegaram com 18 semanas de idade, no período final de recria, e a cada duas semanas foi fornecido um incremento de duas horas de luz até chegar ao fornecimento de 17h por dia, tempo máximo de luminosidade que permanece fixo até o final do ciclo produtivo das aves. A cama foi preparada com uma espessura de aproximadamente 10 cm de casca de arroz. O programa alimentar adotado para matrizes pesadas é adaptado para seguir o guia de desempenho corporal da linhagem utilizada. Além do peso corporal, uma avaliação de conformação de peito é realizada semanalmente como fatores determinantes da quantidade de ração a ser fornecida.

Os ovos provenientes das reprodutoras são incubados em incubadora de estágio único com capacidade para 3.600 unidades. A temperatura e umidade são reguladas através de sistema de resistências, retirada forçada de ar e bico aspersor de água. O nascedouro a ser utilizado apresenta as mesmas dimensões da máquina incubadora.

#### 3.3.2 Manejo das Reprodutoras Pesadas

As fêmeas são alimentadas com dietas correspondentes aos tratamento apresentados na **tabela 3**, e os machos recebem ração para machos baseados no manual

da linhagem. Todas as aves foram selecionadas por peso previamente ao alojamento tendo em vista a formação de grupos homogeneamente estratificados em famílias de 20 fêmeas e dois machos com uniformidade relativa à CVs de até 10%. Desta forma, o grupo composto para início do experimento foi 640 fêmeas e 64 machos. Foram mantidos em separado 40 machos distribuídos em 4 boxes de 10 animais para serem utilizadas em substituição de machos visualmente inativos sexualmente ou mortos.

Os ovos são coletados 5 vezes ao dia sendo inspecionadas as cascas quanto a presença de deformidades ou alterações. Cada boxe apresentará uma ficha de coleta de ovos identificada com o número e tratamento do box. A cada coleta de ovos será registrada a quantidade total de ovos de ninho e ovos de cama coletados e a presença ou não de anormalidades de tamanho e forma da casca.

**Tabela 3** - Caracterização dos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Fonte de Minerais, mg/kg da dieta		
	Inorgânico <sup>1</sup>	Orgânico <sup>2</sup>	
T1	Zn	100	-
	Mn	100	-
	Cu	10	-
T2	Zn	60	40
	Mn	60	40
	Cu	3	7
T3	Zn	100	40
	Mn	100	40
	Cu	10	7

<sup>1</sup> Fornecido a partir de Sulfato de Zinco, 35% de Zn ( $ZnSO_4H_2O$ ); Sulfato de Manganês, 31% de Mn ( $MnSO_4H_2O$ ); Sulfato de Cobre, 34,5% de Cu ( $CuSO_4H_2O$ ).

<sup>2</sup> Fornecido a partir de um complexo metal aminoácido contendo 4% de Zn, 4% Mn e 0,7% Cu proporcionalmente complexados com os seguintes aminoácidos: Ácido aspártico: 1,29%; Ácido glutâmico: 2,33%; Lisina: 0,39; Metionina: 0,15%; Treonina: 0,94%; Triptofano: 0,11%; Valina: 1,46%; Serina: 2,28%; Prolina: 1,94%; Glicina: 1,75%; Alanina: 1,03%; Cistina: 0,95%; Isoleucina: 0,93%; Leucina: 1,56%; Tirosina: 0,54%; Fenilalanina: 0,93%; Histidina: 0,22%; Arginina: 1,31%.

### 3.3.3 Dietas Experimentais

Previamente à formulação, é coletada e efetuada análise laboratorial nas matérias primas a fim de verificar a quantidade de zinco, manganês e cobre. Os tratamentos são aplicados em suplementação às dietas experimentais independentemente dos resultados no milho, farelo de soja, calcário e fosfato bicálcico. A cada batida de ração são retiradas amostras para análise dos minerais das dietas experimentais.

Antes do início do experimento, as aves receberam uma dieta pré-postura igual para todos os tratamentos, e após atingirem 5% de produção de ovos, uma dieta basal foi formulada com milho, farelo de soja e farelo de trigo de modo a atender as exigências, à exceção dos minerais de reprodutoras pesadas preconizadas por Rostagno *et al.* (2005). A partir desta, foram constituídas as demais dietas através da adição dos premix mineral em suas duas formas, inorgânico e/ou orgânico conforme descrito no item anterior.

### 3.3.4 Variáveis Avaliadas

- Produção semanal de ovos;
- Número total de ovos/ave alojada ao final do ciclo de produção;
- Massa de ovos;
- Conversão (kg/dz)
- Número total de ovos incubáveis/ave alojada ao final do ciclo de produção;
- Quantidade total de ovos trincados, quebrados e/ou com qualquer tipo de alteração na forma e espessura da casca;
- Avaliação da qualidade da casca, através de análise indireta em concentrações salinas crescentes (gravidade específica dos ovos) nas densidades de 1,050; 1,055; 1,060; 1,065; 1,070; 1,075; 1,080; 1,085; 1,090; 1,095;

- Avaliação da espessura da casca, utilizando micrômetro Mitutoyo Cap. 0-25mm, leitura de 0,01 mm e exatidão de aproximadamente 0,001mm. A metodologia para remoção da membrana interna da casca e cutícula será a mesma adota por Christensen (1983);
- Avaliação da concentração de zinco, cobre e manganês na gema, clara e casca dos ovos nas seguintes semanas de produção: 35, 45, 55 e 65;

### **3.3.5 Incubações e Avaliação Esquelética dos Embriões**

Às 35, 45, 55 e 65 semanas de idade das reprodutoras os ovos são coletados na granja experimental e armazenados a 18°C e 75-80% de umidade relativa na sala de armazenamento de ovos, por um período máximo de 4 dias. Os ovos são individualmente pesados e posteriormente distribuídos em bandejas de incubação.

Durante o período de desenvolvimento embrionário, aos 10, 14 e 18 dias de incubação são realizadas coletas de 2 embriões por repetição e posterior fixação em paraformaldeído a 4% para determinação do desenvolvimento da matriz óssea, conforme metodologia descrita por Blom & Lilja (2004), Nakane & Tsudzuki (1999). Após a fixação e tingimento das cartilagens e tecido ósseo, a calcificação dos ossos tarsometatarso, tibiotarso e fêmur são mensurados. A quantidade de tecido calcificado é mensurada através do comprimento do tecido tingido de cor vermelha em ambos os membros locomotores. Similarmente, a quantidade de tecido cartilaginoso é mensurada através da altura do tecido tingido em azul. O tamanho do disco epifisário, a quantidade de tecido calcificado e cartilagens são medidos com lupa e ocular graduada ou paquímetro, nos períodos embrionários. Após a avaliação do comprimento, é realizado um corte na região média da diáfise para mensuração da espessura do osso.

### 3.3.6 Avaliação Esquelética da Progenie Pós-Eclosão

Logo após o nascimento, são sacrificados dois pintos por repetição, e os ossos tibiotarso e fêmur do lado direito do membro locomotor são coletados e fixados conforme metodologia previamente descrita. Os ossos tibiotarso e fêmur do lado esquerdo do membro locomotor são coletados e medidos o comprimento e espessura através de paquímetro digital com precisão de 0,01mm. Após as medições, os ossos são armazenados para posterior análise histológica do disco de crescimento conforme descrito por Pines & Hurwitz, (1991). A avaliação da qualidade dos pintinhos gerados é criteriosa, bem como dos ovos não eclodidos, conforme peso individual com e sem saco vitelínico, classificação dos pintinhos (primeira, segunda, refugos, malformações), comprimento dos pintinhos e embriodiagnóstico com quebra de todos os ovos não eclodidos e bicados para avaliação da mortalidade embrionária e classificadas de acordo com as fases de desenvolvimento: 0 a 7, 7 a 14 e 14 a 21 dias de incubação.

## 3.4 Delineamento Experimental e Análise Estatística

### 3.4.1 Reprodutoras Pesadas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos, tendo 10 repetições de 20 aves por unidade experimental. As variáveis serão submetidas à análise de variância (General Linear Models Procedure) e, quando detectadas diferenças estatísticas pelo teste F, as médias dos tratamentos serão submetidas ao teste de Tukey a 5% de significância, através do programa estatístico SAS 8.2 (2001) envolvendo o seguinte modelo para medidas repetidas no tempo:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_j + s_k + ts_{ik} + e_{ijkl}, \text{ onde:}$$

$\mu$  = média geral das observações;

$\tau$  = efeito dos tratamentos de ordem i;

$\varepsilon$  = erro de avaliação semanal de ordem j;

$S_k$  = efeito da semana k;

$ts_{ik}$  = efeito da interação entre tratamento i e semana k;

$e_{ijkl}$  = efeito do erro experimental, associado a observação de ordem l sob o tratamento de ordem i, erro de avaliação semanal de ordem j, semana de ordem k e interação entre tratamento e semana de ordem ik.

### 3.4.2 Incubação e Desenvolvimento Embrionário

Delineado em blocos ao acaso, com 4 tratamentos, 10 repetições e 25 aves por unidade experimental. Serão bloqueados os efeitos das possíveis diferenças de temperatura existentes dentro da incubadora e do nascedouro. As variáveis serão submetidas à análise de variância (General Linear Models Procedure) sendo as médias submetidas, posteriormente, ao teste de Tukey, 5%, através do programa estatístico SAS versão 8.2 (2001). O modelo estatístico utilizado será:

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$ , onde:

$\mu$  = média geral das observações;

$\tau_i$  = efeito do tratamento de ordem i;

$\beta_j$  = efeito do bloco de ordem j;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro experimental, associado a observação de ordem k sob o tratamento de ordem i e bloco de ordem j.

### 3.5 Resultados e Discussão

Por se tratar de um trabalho em andamento, ainda não é possível verificar se os resultados são favoráveis ou não à suplementação das reprodutoras pesadas com Zn, Mn e Cu quelatados. Entretanto, conforme já descrito no presente trabalho, existem muitos indicativos de que esta suplementação traga muitos benefícios tanto às matrizes quanto

à sua progênie. Espera-se o aumento da produtividade das reprodutoras pesadas, uma maior concentração dos minerais testados no albúmen e na gema do ovo, assim como uma maior eclodibilidade e qualidade dos pintinhos, que deverão ter um desenvolvimento esquelético embrionário e pós eclosão melhor quando oriundos de matrizes que receberam os minerais quelatados na dieta.

Atualmente, poucos trabalhos de longa duração com reprodutoras pesadas foram publicados relacionando minerais orgânicos e inorgânicos. 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 nas 21 a 43 semanas de idade das reprodutoras. Já com estudos de maior duração, Hudson *et al.* (2004) 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. Ainda segundo Hudson *et al.* (2004), 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.

A suplementação de manganês na forma de complexo aminoácido para reprodutoras pesadas reduziu da 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 damucosa de frangos de corte à eclosão.

Upton (2009) estudaram o efeito da glutathione 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 glutathione 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.

#### **4 CONCLUSÃO**

Ainda temos poucos trabalhos publicados referentes ao uso de minerais quelatados, devendo o assunto ser estudado mais profundamente devido ao seu alto potencial de contribuição à avicultura e ao meio ambiente. Atualmente, a preocupação com o meio ambiente tem aumentado, principalmente devido a pressões por parte do mercado internacional. Os minerais quelatados, por terem uma maior biodisponibilidade, podem ser usados em menores quantidades nas dietas reduzindo também a quantidade excretada pelas aves, o que contribui para o aspecto ambiental.

Existem ainda restrições devido ao maior custo quando comparado a minerais inorgânicos, mas mesmo assim é possível observar um crescente interesse na utilização dos minerais quelatados devido aos fatores supracitados. Alguns trabalhos publicados apresentam resultados contraditórios, e por isso ainda existe a necessidade de maiores estudos na área. Entretanto, a maioria dos trabalhos já publicados mostra que estes minerais são muito promissores e podem trazer muitos benefícios à produtividade das aves.

A alta tecnificação da avicultura moderna deve-se à busca incessante de melhorias buscando o máximo de produtividade, principalmente no que tange a nutrição animal. Por isso, pode-se considerar a utilização de minerais quelatados como uma nova e propícia tendência ao contínuo desenvolvimento da avicultura.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMMERMAN, C. B.; BAKER, D. H.; LEWIS, A. J.; **Bioavailability of nutrients for animals: amino acids, minerals and vitamins**. San Diego: Academic Press, 1995. 441p.

AOYAGI, S.; BAKER, D. H.; Nutritional Evaluation of copper-methionine complex for chicks. **Poultry Science**. vol.72: 1993. p. 2309-2315.

ARAUJO, 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**. vol 2: 2008. p. 53-60

ASHMEAD, H. D.; Comparative intestinal absorption and subsequent metabolism of metal amino acid chelates and inorganic metals salts. In: ASHMEAD, H.D. (Ed.). **The roles of amino acid chelates in animal nutrition**. New Jersey: Noyes, 1993. p. 47-51.

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

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

BALNAVE, D.; ZHANG, D.; Responses of laying hens on saline drinking water to dietary supplementation with various zinc compounds. **Poultry Science**. vol. 72: 1993. p. 603-606.

BARBER, S.J.; *et al.* Broiler breeder reproductive performance as affected by available zinc and available manganese. **Poultry Science**. vol.81: 2002. p. 119.

BERTECHINI, A. G.; **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ufla, 2006. 1302 p.

BLOM, J.; LILJA, C.; A comparative study of growth, skeletal development and eggshell composition in some species of birds. **Journal of Zoology**. 2004. p. 361-369.

CABELL, C. A.; EARLE, I. P.; Additive effect of calcium and phosphorus on utilization of dietary zinc. **Journal of Animal Science**. vol. 24: 1965. p. 800-806.

CHRISTENSEN, V. L.; Distribution of pores on hatching and non-hatching turkey eggs. **Poultry Science**. vol 62: 1983. p. 1312-1316.

CLOSE, W.H.; The role of trace mineral proteinates in pig nutrition. In: LYONS, T.P., JACQUES, K.A. **Biotechnology in the Feed Industry**. Nottingham: Nottingham University Press. 1998. p. 469-483.

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

DEYHIM, F.; TEETER, R. G.; **Dietary vitamin level and trace mineral premix form effects on broiler performance**. Technical data sheet. Chelated Minerals Corp., Salt Lake City, 1997.

DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D.; KITCHELL, M. L.; QUIROS, M. A.; Metabolic challenges and early bone development. **Journal Applied of Poultry Research**. vol 16: 2007. p. 126-137.

DOWNS, K. M. *et al.*; Dietary zinc complexes and vitamin E for reducing cellulitis incidence in broilers. **Journal Applied of Poultry Research**. vol:9. 2000. p. 319–323.

DREOSTI, I. E.; Recommended dietary intakes of iron, zinc and other inorganic nutrients and their chemical form and identity. **Nutrition**. vol. 9: 1993. p. 542-545.

ENSMINGER, M. E.; OLDFIELD, J. E.; **Feeds & Nutrition**. Clovis: Ensminger Publishing Company, 1990. 500 p.

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**. vol.70: 1992. p. 60.

FLY, A. D.; IZQUIERDO, O. A.; LOWRY, K. R.; Manganese bioavailability in a Mn-methionine chelate. **Nutrition Research**. vol. 9: 1989. p. 901-910.

GUO, R.; HENRY, P. R.; HOLWERDA, R. A. ; CAO, J.; Chemical characteristics and relative bioavailability of supplemental organic copper sources for poultry. **Journal of Animal Science**. vol. 79: 2001. p. 1132-1141.

HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B.; MILES, R. D.; Realtive bioavailability of manganese-methionine complex for broiler chicks. **Poultry Science**. vol. 68: 1989. p. 107-112.

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.

HILL, C. H.; MATRONE, G.; Chemical parameters in the study of in vivo and in vitro interactions of transition elements. **Federation Proceedings**. vol.29: 1970. p. 1474-81.

HUDSON, B. P.; DOZIER, W. A.; WILSON, J. L. *et al.*; Reproductive performance and immune status of caged broiler breeder hens provided diets supplemented with either inorganic and organic sources of zinc from hatching to 65 wk of age. **Journal of Applied Poultry Research**. vol.13: 2004. p. 349-359.

JUNQUEIRA , O. M.; Nutrição animal: quelatos na alimentação animal. 2008. Acessado em: 30 out. 2010. Disponível em [http://www.pedrovet.com.br/trabalhosC/Quelatos\\_na\\_Alimentacao.doc](http://www.pedrovet.com.br/trabalhosC/Quelatos_na_Alimentacao.doc)

KIDD, M. T.; ANTHONY N. B.; NEWBERRY, L. A.; LEE, S. R.; Effect of a supplemental zinc in either a corn soy beans or a milo and corn soybean meal diet on the performance of young broiler breeders and their progeny. **Poultry Science**. vol 72: 1993. p. 492-1499.

KIDD, M. T.; QURESHI, M. A.; FERKET, P. F.; THOMAS, L. N.; Blood clearance of *Eschericia coli* and evaluation of mononuclear-phagocytic system as influenced by supplemental dietary zinc-methionine in young turkeys. **Poultry Science**. vol. 73: 1994. p. 1381-1389.

KIDD, M. T.; QURESCHI, M. A.; FERKET, P. R.; THOMAS, L. N.; Turkey hen zinc source affects progeny immunity and disease resistance. **Journal Applied of Poultry Research**. vol 9: 2000. p. 414-423.

KIEFER, C.; Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista eletrônica nutritime**. 2005. p. 215 – 236.

KIENHOLZ, E. W.; Zinc methionine for stressed laying hens. **Poultry Science**. vol. 71: 1992. p. 829-832.

KLECKER, D.; ZEMAR, V. S.; GOMEZ, J.; Influence of trace mineral proteinate supplementation on eggshell quality. **Poultry Science**. vol. 76: 1997. p.131.

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

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

LEESON, S.; DIAZ, G.; SUMMERS, J.; **Skeletal disorders in poultry metabolic disorders and mycotoxins**. Ontario: University Books, 1995. p. 124-175.

LEESON, S.; SUMEERS, J. D.; **Nutrition of the chicken**. Ontario: University Books, 2001. 591 p.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D; **Commercial poultry nutrition**. Ontario: University books, 2005. 398 p.

LOWEL, J. A., *et al.*; Absorption and retention of zinc when administered as an amino-acid chelate in the dog. **Journal of Nutrition**. vol. 124: 1994. p. 2572-2574.

LUNDEEN, T.; Mineral proteinates may have positive effect on shell quality. **Feedstuffs**. vol. 73: 2001. p. 10-15.

MCDOWELL, L. R.; **Minerais para ruminantes sob pastejo em regiões tropicais, enfatizando o Brasil.** Gainesville: University of Florida, 1999. 92p.

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.

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

MORENG, R. E.; Dietary zinc methionine effect on shell quality of hens drinking saline water. **Poultry Science.** vol. 71: 1992. p. 1163-1167.

NAKANE, Y.; TSUDZUKI, M.; Development of the skeleton in Japanese quail embryos. **Development, Growth & Differentiation.** vol 41: 1999. p. 523-534.

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

PAIK, I.; Application of chelated minerals in animal production. **Asian-Australasian journal of animal sciences.** vol.14: 2001. p.191-198.

PATON, N. D.; *et al.* Absorption of selenium by developing chick embryos during incubation. In: LYONS, T. P., JACQUES, K. A. (ed.) **Biotechnology in the Feed Industry, Proceedings of Alltech's 18th Annual Symposium.** Nottingham: Nottingham University Press, 2002. p. 107-121.

PATTEN, B. M.; CARLSON, M.; **Connective tissues and the skeletal and muscular systems in foundations of embryology.** Mc Graw-hill: 3th edition, 1974. 650 p.

PAYNE, R.L., SOUTHERN, L. L.; Comparison of inorganic and organic selenium sources for broilers. **Poultry Science.** vol. 84: 2005. p. 898-902.

PIMENTEL, J. L. *et al.*; Bioavailability of zinc-methionine for chicks. **Poultry science.** vol 70: 1991. p.1637-1639.

PINES, M.; HURWITZ.; The role of the growth plate in longitudinal bone growth. **Poultry Science.** vol 70: 1991. p. 1806-1814.

POLLI, S. R.; Boletim informativo. **Nutron Pet.** 2002. Acessado em: 31 out. 2010. Disponível em: <<http://www.animalworld.com.br/vet/ver.php?id=190>>.

REDDY A. B.; DWIVED J. N.; ASHMEAD A. D.; **Mineral chelation generates profit.** Misset-World poultry. 1992. p. 13-15.

REIS, R. N.; VIEIRA, S. L.; *et al.* Selenium contents of eggs from broiler breeders supplemented with sodium selenite or zinc-L-selenium-methionine. **Journal Applied of Poultry Research**. vol. 18: 2009. p. 151-157.

RICHARDS, J.; DIBNER, J.; Organic trace minerals are not all equally effective. **World Poultry**. vol. 21: 2005. p. 17-19.

ROSTAGNO, H. S. *et al.*; **Tabelas brasileiras para aves e suínos, composição de alimentos e exigências nutricionais**. Universidade Federal de Viçosa. 2<sup>a</sup> ed. 2005.

ROSSI, P. *et al.*; Influence of graded levels of organic zinc on growth performance and carcass traits of broilers. **Journal Applied of Poultry Research**. vol. 16: 2007. p. 219-225.

RUTZ, F.; *et al.* Meeting selenium demands of modern poultry: responses to Sel-Plex™ organic selenium in broiler and breeder diets. In: LYONS, T. P., JACQUES, K. A. (ed.) **Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries. Proceedings of Alltech's 19th Annual Symposium**. Nottingham: Nottingham University Press, 2003. p. 147-161.

RUTZ, F. *et al.*; Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista aveworld**. 2007. Acessado em: 29 out. 2010. Disponível em <<http://www.aveworld.com.br/index.php/documento/141>>.

RUTZ, F.; MURPHY, R.; Minerais orgânicos para aves e suínos. **I Congresso Internacional sobre Uso da Levedura na Alimentação Animal**. Campinas: 2009. p. 21-36.

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

SEO S. H. *et al.*; The effect of dietary supplementation of Fe-methionine chelate and FeSO<sub>4</sub> on the iron content of broiler meat. **Asian-australasian journal of animal sciences**. vol. 21: 2008. p. 103-106.

SMITH, M. O.; SHERMAN, I. L; MILLER, C. L; Relative biological availability of manganese from manganese proteinate, manganese sulfate e manganese monoxide in broilers reared at elevated temperatures. **Poultry Science**. vol.74: 1995. p. 702-707.

SPEARS, J.W; SCHOENHERR, W. D.; KEGLEY, E. B.; FLOWERS, W. L.; ALHUNSEN, H. D; Efficacy of iron methionine as a source for iron for nursing pigs. **Journal of Animal Science**. vol. 70: 1992. p. 243.

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.

SURAI, P. F.; **Selenium in Nutrition and Health**. Nottingham: Nottingham University Press. 2006.

TAKO, E.; *et al.* Zinc-methionine enhances the intestine development And functionality in the late term embryos and chicks. **Poultry Science**. vol. 83: 2004. p. 267.

UNDERWOOD E. J.; SUTTLE N. F.; **Mineral nutrition of livestock**. New York: CAB International, 1999.

União Brasileira de Avicultura (UBA). **Relatório anual 2008 da União Brasileira de Avicultura**. 2009. p. 28.

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. **Journal Applied of Poultry Research**. vol 18: 2009. p. 193-202.

VIEIRA, S. L.; Chelated minerals for poultry. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. vol.10: 2008. p. 73-79.

VIRDEN, W. S., *et al.*; Hen mineral nutrition impacts progeny livability. **Journal Applied of Poultry Research**. vol 12: 2003. p. 411-416.

VOHRA, P.; GRAY, G. A.; KRATZER, F. H; Phytic acid-metal complexes. **Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine**. vol. 120: 1965. p. 447-449.

WEDEKIND, K. J., HORTIN, A. E., BAKER, D. H.; Methodology for assessing zinc bioavailability: Efficacy estimates for zinc methionine, zinc sulfate, and zinc oxide. **Journal of Animal Science**. vol. 70: 1992. p. 178-187.

WEDEKIND, K. J., *et al.*; Bioavailability of zinc from inorganic and organic sources for pigs fed corn-soybean meal diets. **Journal of Animal Science**. vol. 72: 1994. p. 2681-2689.